

# O ALUMÍNIO NOS SOLOS DE ANGOLA

## TESE APRESENTADA PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE DOUTOR EM ENGENHARIA AGRONÓMICA

**António Gonçalves Neto**

**Orientador:** Doutor Manuel Armando Valeriano Madeira

**Júri:**

**Presidente:** Doutor António José Guerreiro de Brito  
Professor Associado com agregação  
Instituto Superior de Agronomia  
Universidade de Lisboa.

**Vogais:** Doutor Manuel Armando Valeriano Madeira  
Professor Catedrático jubilado  
Instituto Superior de Agronomia  
Universidade de Lisboa;

Doutor Augusto Manuel Nogueira Gomes Correia  
Professor Associado com agregação  
Instituto Superior de Agronomia  
Universidade de Lisboa;

Doutor Armindo Aires Afonso Martins  
Professor Associado com agregação aposentado  
Escola de Ciências da Vida e do Ambiente  
Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro;

Doutor Ginhas Alexandre Manuel  
Professor Associado  
Faculdade de Ciências Agrárias  
Universidade José Eduardo dos Santos, Angola

Doutor Fernando Manuel Girão Monteiro  
Professor Auxiliar  
Instituto Superior de Agronomia  
Universidade de Lisboa.

2017



# O ALUMÍNIO NOS SOLOS DE ANGOLA

## TESE APRESENTADA PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE DOUTOR EM ENGENHARIA AGRONÓMICA

**António Gonçalves Neto**

**Orientador:** Doutor Manuel Armando Valeriano Madeira

**Júri:**

**Presidente:** Doutor António José Guerreiro de Brito  
Professor Associado com agregação  
Instituto Superior de Agronomia  
Universidade de Lisboa.

**Vogais:** Doutor Manuel Armando Valeriano Madeira  
Professor Catedrático jubilado  
Instituto Superior de Agronomia  
Universidade de Lisboa;

Doutor Augusto Manuel Nogueira Gomes Correia  
Professor Associado com agregação  
Instituto Superior de Agronomia  
Universidade de Lisboa;

Doutor Armindo Aires Afonso Martins  
Professor Associado com agregação aposentado  
Escola de Ciências da Vida e do Ambiente  
Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro;

Doutor Ginhas Alexandre Manuel  
Professor Associado  
Faculdade de Ciências Agrárias  
Universidade José Eduardo dos Santos, Angola

Doutor Fernando Manuel Girão Monteiro  
Professor Auxiliar  
Instituto Superior de Agronomia  
Universidade de Lisboa.

2017





À memória dos meus pais Gonçalves António e Ana Quimbanda



## AGRADECIMENTOS

Um estudo desta índole necessita da intervenção de diferentes áreas pelo que, para a sua materialização, contei com apoio directo ou indirecto de pessoas e instituições, às quais quero deixar o meu agradecimento e reconhecimento.

Ao Professor Catedrático Manuel Armando Valeriano Madeira do Departamento de Recursos Naturais, Ambiente e Território do Instituto Superior de Agronomia, da Universidade de Lisboa, agradeço em primeiro lugar, a sua orientação e decisiva participação em todas as etapas do meu percurso académico, desde o Mestrado em Agronomia e Recursos Naturais até à conclusão da dissertação, sendo importante como Orientador quanto amigo e pelos ensinamentos e todo auxílio e pronta disponibilidade nos esclarecimentos prestados pelos inúmeros problemas. Mais ainda, agradeço também todas as sugestões nas interpretações dos dados obtidos e no apoio das várias contingências que surgiram ao longo da execução do presente estudo, sem as quais este trabalho não teria sido possível.

A Sua Excelência Senhor Ministério da Agricultura Eng.<sup>o</sup> Afonso Pedro Canga, pelo apoio e financiamento de parte das actividades da dissertação.

Ao Senhor Eng.<sup>o</sup> Gilberto Buta Lutucuta por ter apoiado no Programa de Apoio à Formação Avançada de Quadros – Angola enquanto Ministro da Agricultura e do Desenvolvimento Rural.

Ao Dr. Mpanzo Domingos, Director Geral do Instituto de Investigação Agronómica (IIA) por nos autorizar realizar os trabalhos de preparação da dissertação sem prejuízos financeiros e pelo apoio prestado.

Ao Senhor Secretário-Geral do MINAGRI, José Rodrigues Prata Júnior pelo apoio financeiro.

Ao Dr. Eduardo Gomes, Chefe da Estação Experimental Agrícola da Chianga pela oferecida disponibilização da estufa e do campo para a instalação dos ensaios e de meios de transporte e fertilizantes para a execução de tarefas inerentes somos gratos.

À Professora Catedrática Maria Manuela Costa Neves Figueiredo; ao Professor Associado Jorge Cadima do Departamento de Ciências e Engenharia de Biosistemas Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa e à Professora Katia Rosera da Universidade Federal do Paraná, Brasil, pela pronta



disponibilidade para discussão dos aspectos de estatística, assim como pelo encorajamento e amizade.

Ao Professor Auxiliar Fernando Girão do Departamento de Recursos Naturais, Ambiente e Território do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa e a Investigadora Auxiliar Dra Maria Madalena Calado Santos Sobral da Fonseca do Instituto de Investigação Científica Tropical, pelos apoios recebidos neste estudo, os meus sinceros agradecimentos.

Ao Instituto Nacional de Gestão de Bolsas de Estudo de Angola, pelo financiamento da bolsa concedida.

Ao Instituto Português de Apoio ao Desenvolvimento pelo financiamento do Programa de Apoio à Formação Avançada de Quadros – Angola do Ministro da Agricultura e do Desenvolvimento Rural.

Ao Instituto Superior da Agronomia e em particular ao Centro de Estudos Tropicais para o Desenvolvimento em particular do Professor Catedrático Pedro Manuel Leão Rodrigues de Sousa, e Professores Associados Carlos Manuel de Almeida Cabral e Raul da Fonseca Fernandes Jorge, pela coordenação do Programa de Apoio à Formação Avançada de Quadros – Angola do Ministério da Agricultura e do Desenvolvimento Rural e todo o apoio recebido.

Ao Senhor Eng.<sup>o</sup> Sebastião Quimbanda António Mendes, Coordenador de Infra-estruturas Integradas de Benguela do Ministério do Urbanismo e Construção pela amizade e apoio prestado nos primeiros instantes do desenvolvimento do presente estudo em ceder o seu transporte pessoal para que esse trabalho fosse uma realidade.

Memória ao Professor Catedrático Emérito, Ilídio do Rosário dos Santos Moreira pelos feitos para que o Programa de Apoio à Formação Avançada de Quadros – Angola fosse uma realidade.

À Senhora D. Ana Cristina Aleluia Félix, também “madrinha”, pela disponibilidade sem precedentes, afecto e amizade demonstrada desde o mestrado.

Ao Eng.<sup>o</sup> Sidónio Mateus, Chefe de Direcção Nacional de Agricultura, pelo apoio na certificação do material vegetal e do solo utilizado ao longo dos trabalhos experimentais.

Ao Mestre Paulo Jorge Pires Marques, bolseiro de Departamento de Recursos Naturais, Ambiente e Território do Instituto Superior de Agronomia, pela sua disponibilidade na execução das figuras e gráficos, na preparação e organização de

amostras, na organização de dados e tratamentos estatísticos, no apoio com a paginação e formação da dissertação.

À Isabel Meireles, à Ana Batista, à Maria João Novo e da Maria da Conceição Silva do Laboratório do Departamento de Recursos Naturais, Ambiente e Território do Instituto Superior de Agronomia pelo apoio prestado nos vários processamentos analíticos e pela transmissão da sua longa experiência laboratorial.

Às Eng<sup>a</sup> Amelia Thitue, Maria da Conceição Malite e Paula Dala e aos senhores Moisés Muhongo Livonge e Luís Fernando da Estação Experimental Agrícola da Chianga pelo apoio prestado na condução dos ensaios.

Aos doutorandos António Dovala, António Teixeira, Henrique Primo, João Cardoso, Joaquim César; Mateus Manuel, Pascoal Muondo, Paulo Tembo, Ribeiro António, Samuel Chinga, Terencio Junior (Brasileiro) e Vasco Gonçalves, pelo apoio prestado na transportação do material (solo) Angola, Lisboa e não menos das palavras encorajadoras, fico devedor dos conhecimentos e informações recebidas.

Aos meus filhos: José Calepete Neto, Ana António, Admilda António, Cislândia António, Marinete Mendes, Leonete Mendes, Geovani Mendes e Sebastião Gonçalves, aos meus netos Suzinete Gonçalves e Leonel Caetano e ao meu sobrinho Lourenço Catimba que de um modo ou outro contribuíram para que este trabalho chegasse ao fim.

Enfim nunca muito tarde com todo amor e carinho para a minha esposa Maria de Fátima Ngonga Gonçalves Neto, por estar sempre perto e pela confiança e apoio demonstrados ao longo de seis anos e não menos as palavras encorajadoras transmitidas.



## RESUMO

Avaliou-se a concentração de alumínio extraível de *Solos Fracamente Ferrálicos*, considerados na Cartografia Geral dos Solos de Angola; avaliou-se a influência de ecossistemas florestais (plantações de *Pinus patula*, de *Grevillea robusta*, de *Eucalyptus grandis* e de espécies representativas da “mata de panda” nas características de *Solos Típo ferrálicos Amarelos e Vermelhos*; avaliou-se experimentalmente (em vasos e no campo), durante dois anos, o efeito da aplicação de calcário dolomítico, de fertilizantes e de resíduos orgânicos na produção de milho e em características químicas gerais do solo. O teor de alumínio mostrou-se variável e fracamente correlacionável com o pH, sendo reduzida a proporção de solos com grau de saturação em alumínio superior a 60%. As espécies florestais nativas mostraram uma fraca modificação nas características do solo, ao passo que as exóticas tiveram comportamento muito diferenciado, o que parece estar também associado às características do solo. A aplicação de calcário dolomítico, de fertilizantes e de resíduos orgânicos mostrou papel positivo na produção de milho, sendo o efeito mais acentuado quando se conjugam tais aplicações. O grau de saturação em alumínio foi substancialmente reduzido pela aplicação de calcário dolomítico. Mais estudos são necessários para as devidas comprovações e aprofundamento das tendências observadas.

**Palavras-chave:** Alumínio extraível, Angola, ecossistemas, características do solo e gestão.



## ABSTRACT

The extractable aluminum concentrations of weakly *Ferralitic Soils* referred in the General Cartography of Soil Angola were evaluated. The influence of forest ecosystems (*Pinus patula* plantations, *Grevillea robusta*, *Eucalyptus grandis* and representative species of "Mata de Panda" forest) on *Ferralitic Red and Yellow Soils* characteristics was assessed. The effect of applications of dolomite lime, fertilizers and organic residues on maize production and on the general chemical characteristics of soils were evaluated experimentally (in pots and in the field) in two years' time. The aluminum contents were found to be varied and weakly correlated with the pH reducing the percentage of studied soils with degree of aluminum saturation higher than 60%. The native species showed a weak modification with the soil characteristics, while the exotic species had a very different behavior, which seems also to be associated with the soil characteristics. The applications of dolomitic limestone, fertilizers and organic wastes showed a positive role in maize production, reaching the most significant effect when such applications were combined. The degree of aluminum saturation was substantially reduced by the application of dolomitic limestone. More studies are necessary to confirm the results obtained in this study and deepen the current knowledge on the observed trends.

**Key-words:** Extractable aluminum, Angola, ecosystems, soil characteristics and management.



# ÍNDICE GERAL

<b>AGRADECIMENTOS</b>	i
<b>RESUMO</b>	v
<b>ABSTRACT</b>	vii
<b>ÍNDICE GERAL</b>	ix
<b>ÍNDICE DE QUADROS</b>	xii
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	xviii
<b>1 - INTRODUÇÃO</b>	1
<b>2 - MATERIAL E MÉTODOS</b>	19
2.1 – ACIDEZ DE TROCA NOS SOLOS DE ANGOLA	21
2.1.1 – Materiais	21
2.2 – SISTEMAS DE USO E CARACTERÍSTICAS DO SOLO	22
Plantação de <i>Pinus patula</i> /milho	22
Mata de panda/milho	23
Plantação de <i>Grevillea robusta</i> (café)/milho	23
Plantação de <i>Eucalyptus grandis</i> /milho	24
2.3 – SISTEMAS EXPERIMENTAIS	24
2.3.1 – A área de estudo	26
2.3.2 – Sistema experimental em vasos	30
2.3.2.1 - Delineamento experimental	30
2.3.2.2 - Instalação do ensaio	33
2.3.2.3- Medições	34
2.3.2.4- Amostragem das plantas e do solo	35
2.3.3 - Sistema experimental de campo	36
2.3.3.1- Delineamento experimental	36
2.3.3.2 - Instalação do ensaio	40
2.3.3.3 - Medições e amostragens	41
2.3.3.4 - Amostragem das plantas para determinação da biomassa	43
2.3.3.5 - Amostragem dos solos	44
2.4- METODOLOGIA LABORATORIAL	45
2.4.1 - Materiais orgânicos	45
2.4.2 - Solos	46
2.5 - MÉTODOS ESTATÍSTICOS	47
<b>3 - RESULTADOS</b>	49
3.1 – ACIDEZ DE TROCA EM SOLOS FERRALÍTICOS	51
3.1.1 - Comparação de métodos	51
3.1.2 - O alumínio extraível e os horizontes do solo	53



3.2 - ECOSSISTEMAS FLORESTAIS E AGRÍCOLAS DA CHIANGA E RECUPERAÇÃO DA QUALIDADE DO SOLO	59
Mata de panda <i>versus</i> cultura de milho	59
Plantação de <i>Pinus patulaversus</i> cultura de milho	62
Plantação de <i>Eucalyptus grandisversus</i> cultura de milho	66
Plantação de <i>Grevillea robustaversus</i> cultura de milho	69
3.3 – GESTÃO, PRODUTIVIDADE E CARACTERÍSTICAS DO SOLO	73
3.3.1 – Produção e nutrição do milho	73
3.3.1.1 - Ensaios em vasos	73
3.3.1.1.1 - Ano agrícola 2010/2011	73
<i>Biomassa das plantas de milho</i>	73
<i>Concentração de nutrientes na biomassa</i>	74
<i>Quantidade de nutrientes na biomassa</i>	76
3.3.1.1.2 - Ano agrícola 2011/2012	79
<i>Crescimento das plantas de milho</i>	79
<i>Biomassa das plantas de milho</i>	82
<i>Concentração de nutrientes na biomassa</i>	84
<i>Quantidade de nutrientes na biomassa</i>	86
3.3.1.2 - Ensaios de campo	89
3.3.1.2.1 - Ano agrícola 2010/2011	89
<i>Biomassa das plantas de milho</i>	89
<i>Concentração de nutrientes na biomassa</i>	90
<i>Quantidade de nutrientes na biomassa</i>	91
3.3.1.2.2- Ano agrícola 2011/2012	94
<i>Crescimento das plantas de milho</i>	94
<i>Teores de nutrientes nas folhas</i>	95
<i>Biomassa das plantas de milho</i>	98
<i>Concentração de nutrientes na biomassa</i>	99
<i>Quantidade de nutrientes na biomassa</i>	100
3.3.2 – Características do solo	103
3.3.2.1 - Ensaios em vasos	103
3.3.2.1.1 - Ano agrícola 2010/2011	103
3.3.2.1.2 - Ano agrícola 2011/2012	104
3.3.2.2 - Ensaios de campo	108
3.3.2.2.1 - Ano agrícola 2010/2011	108
3.3.2.2.2 - Ano agrícola 2011/2012	110
<b>4 - DISCUSSÃO</b>	117
O alumínio em Solos Ferralíticos de Angola	119
As formações florestais e agrícolas e as características do solo	121
Sistemas de gestão e as características do solo e produtividade	126
<b>5 - CONCLUSÕES</b>	131
<b>6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	137
ANEXOS	147
ANEXO I	149

ANEXO II	159
ANEXO III	171
ANEXO IV	181



## ÍNDICE DE QUADROS

<b>Quadro 1</b> - Teores de areia grossa (AG), areia (AF), limo (LM) e argila (AR), valores de pH e teor de C orgânico ( $C_{org}$ ) e de azoto (N) do solo da área experimental de campo, antes da instalação dos tratamentos. Os valores são média $\pm$ desvio padrão ( $n = 32$ ).....	29
<b>Quadro 2</b> - Concentração de bases de troca ( $Ca^{2+}$ , $Mg^{2+}$ e $K^{+}$ ), da soma de bases de troca (SB), da acidez de troca ( $Al^{3+}+H^{+}$ ), do $Al^{3+}$ de troca, de fósforo e potássio extraíveis (teste de Egnér-Riehm) no solo da área experimental de campo, antes da instalação dos tratamentos. Os valores são média $\pm$ 1 desvio padrão ( $n = 32$ ).....	29
<b>Quadro 3</b> - Concentração ( $mg\ g^{-1}$ ) de nutrientes nos componentes dos resíduos orgânicos utilizados no sistema experimental em vasos e de campo: FC- feijão congo (apenas as folhas); CM - carolo de milho; SJ - soja (sem vagem).....	32
<b>Quadro 4</b> - Quantidade (g/vaso) de N, P, Ca, Mg e K aplicada em cada tratamento do ensaio em vasos no caso em que se aplicou cobertura azotada. ....	33
<b>Quadro 5</b> - Dose ( $g\ m^{-2}$ ) de N, P, Ca, Mg e K aplicada nas parcelas dos diferentes tratamentos do ensaio de campo.....	39
<b>Quadro 6</b> - Concentração de alumínio extraível pelo KCl 1 M ( $cmol_c\ kg^{-1}$ ) determinado por espectrofotometria de absorção atômica (EAA) e por titulação (TT) e quantidade de hidrogénio e de acidez de troca (ACT) obtida por titulação.....	51
<b>Quadro 7</b> – Correlações entre a concentração de alumínio de troca e os valores de pH em $H_2O$ em KCl e os graus de saturação em alumínio e o grau de saturação em bases nos horizontes superficiais e subsuperficiais nos diferentes tipos de <i>Solos Fracamnete Ferralíticos</i> estudados.....	56
<b>Quadro 8</b> - Concentração de N, P, Ca, Mg e K ( $mg\ g^{-1}$ ) na biomassa de milho nos tratamentos do ensaio em vaso sem (S) e com (C) ureia de cobertura 154 dias após a sementeira, em 2010/11. Tratamentos: testemunha (TE), fertilizante (FE1 e FE2), resíduos orgânicos (RS), calcário dolomítico (DL), calcário dolomítico e fertilizante (DLFE), calcário dolomítico e resíduos orgânicos (DLRS) e calcário dolomítico, resíduos orgânicos e fertilizante (DLRSFE).....	75
<b>Quadro 9</b> - Quantidade de nutrientes (g/vaso) acumulados na biomassa de milhões tratamentos do ensaio em vaso (S) sem e (C) com ureia 154 dias após a sementeira em 2010/11. Os tratamentos são os mencionados no Quadro 8.. ....	76
<b>Quadro 10</b> - Correlações entre quantidade de nutrientes e a biomassa das plantas e entre a quantidade de nutrientes na biomassa e a concentração de nutrientes na biomassa das plantas de milho, 154 dias após a sementeira, no ensaio de 2010/2011.....	77

<b>Quadro 11</b> - Biomassa (BM), azoto aplicado nos tratamentos (Ns), azoto nas plantas (Np), diferença entre o N nas plantas dos tratamentos e da testemunha ( $\Delta Np$ ), razão entre a diferença do azoto na planta e a diferença do azoto aplicado no solo ( $\Delta Np/\Delta Ns$ ), eficiência da formação de biomassa por unidade de N na biomassa ( $BM\ g^{-1}\ N\ BM$ ) e razão entre a diferença da biomassa e a diferença do N aplicado no solo ( $\Delta BM/\Delta Ns$ ) no ensaio em vaso sem ureia.....	78
<b>Quadro 12</b> - Valores (média $\pm$ 1 desvio padrão; n=4) da altura (AL), do comprimento (CF), da largura (LF) e da área foliar (AF) da folha das plantas de milho, 53 dias após a sementeira. Os tratamentos são os citados no (Quadro 8).....	79
<b>Quadro 13</b> - Valores (média $\pm$ 1 desvio padrão; n=4) da altura (AL), do comprimento (CF), da largura (LF) e da área foliar (AF) das folhas das plantas de milho nos tratamentos sem (S) ou com (C) cobertura de ureia, 53 dias após a sementeira. Os tratamentos são os referidos no (Quadro 8).....	80
<b>Quadro 14</b> - Valores (média $\pm$ 1 desvio padrão; n=4) da altura (AL), do comprimento (CF), da largura (LF), bem como a área foliar (AF) da folha das plantas de milho dos diversos tratamentos (sem aplicação de cobertura), 88 dias (final do ensaio) após a sementeira. Os tratamentos são os referidos no Quadro 8.....	81
<b>Quadro 15</b> - Valores (média $\pm$ 1 desvio padrão; n=4) da altura (AL), do comprimento (CF), da largura (LF), bem como a área foliar (AF) das folhas das plantas de milho sem (S) ou com (C) aplicação de ureia, 88 dias após a sementeira (final do ensaio). Os tratamentos são os mencionados no Quadro 8. ....	82
<b>Quadro16</b> - Valores (média $\pm$ 1 desvio padrão; n=4) da biomassa das plantas de milho dos diferentes tratamentos sem (S) ou com (C) aplicação de ureia, 88 dias após a sementeira (final do ensaio). Os tratamentos como no Quadro 8.....	83
<b>Quadro 17</b> - Concentração ( $mg\ g^{-1}$ ) de N, P, Ca, Mg e K na biomassa de milho dos tratamentos sem aplicação de ureia, 88 dias após a sementeira (2011/2012). Os tratamentos são os referidos no Quadro 8.....	84
<b>Quadro 18</b> - Concentração ( $mg\ g^{-1}$ ) de N, P, Ca, Mg e K na biomassa de milho dos tratamentos sem (S) e com (C) aplicação de ureia, 88 dias após a sementeira (2011/2012). Tratamentos como no Quadro 8.....	86
<b>Quadro 19</b> - Quantidade de N,P, Ca, Mg e K (g/vaso) acumulada na biomassa de milho (seca a 80°C) nos tratamentos do ensaio em vasos sem ureia, 88 dias após a plantação em 2011/12. Os tratamentos são os referenciados no Quadro 8.....	87
<b>Quadro 20</b> - Quantidade de N,P, Ca, Mg e K (g/vaso) acumulada na biomassa de milho (seca a 80°C) tratamentos sem (S) e com (C) aplicação de ureia, 88 dias após a sementeira (2011/2012). Os tratamentos são os mencionados no Quadro 8.....	88

<b>Quadro 21</b> - Correlações entre a quantidade de nutrientes e a biomassa e entre a quantidade de nutrientes (g/vaso) e a concentração de nutrientes na biomassa das plantas de milho 88 dias após a semeadura em 2012.....	88
<b>Quadro 22</b> - Concentração de N, P, Ca, Mg e K ( $\text{mg g}^{-1}$ ) na biomassa de milho nos tratamentos do ensaio de campo 149 dias após a semeadura em 2010/11. Os tratamentos são os mencionados na Figura 27.....	91
<b>Quadro 23</b> - Quantidade de nutrientes acumuladas na biomassa de milho ( $\text{g m}^{-2}$ ) seca ( $80^{\circ}\text{C}$ ) nos tratamentos do ensaio de campo 149 dias após a semeadura em 2010/11.Os tratamentos são os referidos na Figura 27.....	92
<b>Quadro 24</b> - Correlações entre quantidade de nutrientes e a biomassa das plantas e correlações entre a quantidade de nutrientes e a concentração de nutrientes nas plantas, no ensaio de campo no ano de 2010/2011.....	92
<b>Quadro 25</b> - Biomassa (BM), diferença entre a biomassa dos tratamentos e da testemunha ( $\Delta\text{BM}$ ), azoto aplicado no solo (Ns), diferença entre o N aplicado nos tratamentos e o aplicado na testemunha ( $\Delta\text{Ns}$ ), azoto nas plantas (Np), diferença entre o N nas plantas dos tratamentos e o das plantas da testemunha ( $\Delta\text{Np}$ ), percentagem de $\Delta\text{Np}$ em relação $\Delta\text{Ns}$ , percentagem de Np em relação a Ns, biomassa por unidade de Ns (BNs), biomassa por unidade de Np (BNp) e variação de biomassa ( $\Delta\text{BM}$ ) por unidade de $\Delta\text{Ns}$ .....	93
<b>Quadro 26</b> - Valores (média $\pm 1$ desvio padrão; $n=4$ ) da altura (AL), do comprimento (CF), da largura (LF), assim como a área foliar (AF) da folha das plantas de milho 70 e 109 dias depois da semeadura. Tratamentos: testemunha (TE), fertilizante (FE), resíduos orgânicos (RS), calcário dolomítico (DL), calcário dolomítico e fertilizante (DLFE), calcário dolomítico e resíduos orgânicos (DLRS), resíduos de soja (SJ) e calcário dolomítico, resíduos orgânicos e fertilizante (DLRSFE).....	94
<b>Quadro 27</b> - Concentrações de N e P ( $\text{mg g}^{-1}$ ) nas folhas das plantas de milho 70, 78 e 109 dias após a semeadura nos diferentes tratamentos em 2012. Os tratamentos são os referidos no Quadro 29.....	96
<b>Quadro 28</b> - Concentrações de Ca, Mg e K ( $\text{mg g}^{-1}$ ) nas folhas de milho 70, 78 e 109 dias após a semeadura nos diferentes tratamentos em 2012. Os tratamentos são os indicados no Quadro 29.....	97
<b>Quadro 29</b> - Concentração ( $\text{mg g}^{-1}$ ) de N, P, Ca, Mg e K na biomassa do milho nos diferentes tratamentos na fase final do embandeiramento (109 dias após a semeadura). Os tratamentos são os referidos no Quadro 29.....	99
<b>Quadro 30</b> - Quantidade de nutrientes acumulada na biomassa de milho ( $\text{g m}^{-2}$ ) nos tratamentos, 109 dias após a semeadura. Os tratamentos são os mencionados no Quadro 29.....	100
<b>Quadro 31</b> - Correlações entre quantidade de nutriente e a biomassa; quantidade de nutrientes e a concentração de nutrientes da biomassa das plantas em 2011 e 2012.....	101

<b>Quadro 32</b> - Biomassa (BM), diferença entre a biomassa dos tratamentos e da testemunha ( $\Delta BM$ ), azoto aplicado no solo (Ns), diferença entre o N aplicado nos tratamentos e o aplicado na testemunha ( $\Delta Ns$ ), azoto nas plantas (Np), diferença entre o N nas planta dos tratamentos e o das plantas da testemunha ( $\Delta Np$ ), percentagem de $\Delta Np$ em relação $\Delta Ns$ , percentagem de Np em relação a Ns, biomassa por unidade de Ns (BNs), biomassa por unidade de Np (BNp) e variação de biomassa ( $\Delta BM$ ) por unidade de $\Delta Ns$ no ensaio de campo no ano de 2011/2012.....	102
<b>Quadro 33</b> - Valores de pH ( $H_2O$ e KCl), teores de C orgânico ( $C_{org}$ ) e azoto, valores da razão C/N, concentração e soma (SB) das bases de troca, teores de $Al^{3+}$ extraível e de P e K (testes de Egnér-Riehm, $P_{ER}$ , e $K_{ER}$ extraíveis do solo do ensaio em vasos (2010/11). Os tratamentos são os referenciados no Quadro 8. ....	103
<b>Quadro 34</b> - Valores de pH ( $H_2O$ , KCl e $CaCl_2$ ), teores de C orgânico ( $C_{org}$ ) e azoto, valores da razão C/N, concentração de bases de troca e a respectiva soma (SB), teores de $Al^{3+}$ extraível e de P extraíveis pelo método de Egnér-Riehm ( $P_{EG}$ ) e o fósforo de Olsen ( $P_{OL}$ ) do solo do ensaio em vasos do ano agrícola 2011/12. Os tratamentos são os citados no Quadro 8. ....	106
<b>Quadro 35</b> - Valores de pH ( $H_2O$ , KCl e $CaCl_2$ ), teores de C orgânico ( $C_{org}$ ) e azoto, valores da razão C/N, concentração de bases de troca e a respectiva soma (SB), teores de $Al^{3+}$ extraível e de P extraíveis pelo método de Egnér-Riehm ( $P_{EG}$ ) e ) e o fósforo de Olsen ( $P_{OL}$ ) solo do ensaio em vasos do ano agrícola 2011/12. Os tratamentos são os mencionados no Quadro 8. ....	107
<b>Quadro 36</b> - Valores (média $\pm$ 1desvio padrão, n=32) de pH ( $H_2O$ , KCl e $CaCl_2$ ), teores de C orgânico ( $C_{org}$ ) e azoto, valores da razão C/N, concentração de bases de troca e a respectiva soma de bases (SB), teores de $Al^{3+}$ e de P (teste de Egner-Riehm, $P_{EG}$ , e de Olsen, $P_{OL}$ ) e K ( $K_{ER}$ ) extraíveis das camadas minerais do solo até a profundidade de 20 cm (Ano de 2010/11). Os tratamentos são referenciados na Figura 27. ....	109

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Valores mensais da precipitação (P) e da temperatura média mensal (T) do ar na Estação Meteorológica da Chianga (Huambo) durante o período de estudo. ....	27
<b>Figura 2</b> - Esquema da amostragem para caracterização inicial do solo das parcelas de cada bloco da área experimental de campo. ....	28
<b>Figura 3</b> - Aspecto geral do ensaio em vasos em Setembro de 2010. ....	31
<b>Figura 4</b> - Esquema da distribuição dos tratamentos aleatoriamente pelas parcelas delimitadas no ensaio de campo. ....	38
<b>Figura 5</b> - Esquema geral da área experimental de campo (sito na Chianga), de cada um dos blocos e de cada parcela; nesta está assinalada a localização das plantas de milho, bem como da área para medição do crescimento e da biomassa das mesmas. ....	42
<b>Figura 6</b> - Esquema e locais da amostragem do solo de cada parcela no final de cada período de ensaio; a linha a tracejado assinala os limites da área da parcela utilizada para a medição das plantas. ....	44
<b>Figura 7</b> - Relação entre o alumínio extraível determinado por espectrofotometria de absorção atômica ( $Al_{EAA}$ ) e por titulação ( $Al_{TT}$ ), e relação entre o alumínio determinado por espectrofotometria de absorção atômica ( $Al_{EAA}$ ) e a acidez total titulável (ACT). ....	52
<b>Figura 8</b> - Classes da concentração de alumínio extraível ( $Al^{3+}$ ) nos horizontes superficiais (A) e subsuperficiais (B) dos <i>Solos Fracamente Ferrálicos</i> estudados. ....	53
<b>Figura 9</b> - Correlações entre o teor de $Al^{3+}$ de troca e os valores de pH ( $H_2O$ e KCl 1 M), do grau em saturação em bases (GSB) e do grau de saturação em alumínio [ $GSA = (Al/(Al+SB))$ ] nos horizontes superficiais (A) e subsuperficiais (B) dos <i>Solos Fracamente Ferrálicos</i> estudados. ....	54
<b>Figura 10</b> - Classes do grau de saturação em alumínio [ $GSA = (Al/(Al+SB))$ ] nos horizontes superficiais (A) e horizontes subsuperficiais (B) dos <i>Solos Fracamente Ferrálicos</i> estudados. ....	55
<b>Figura 11</b> - Classes do grau de saturação em alumínio [ $GSA = (Al/(Al+SB))$ ] nos horizontes superficiais de <i>Solos Fracamente Ferrálicos Amarelos</i> (A), <i>Alaranjados</i> (B), <i>Laranja</i> (C) e <i>Vermelhos</i> (D). ....	57
<b>Figura 12</b> - Classes do grau de saturação em alumínio [ $GSA = (Al/(Al+SB))$ ] nos horizontes subsuperficiais de <i>Solos Fracamente Ferrálicos Amarelos</i> (A), <i>Alaranjados</i> (B), <i>Laranja</i> (C) e <i>Vermelhos</i> (D). ....	58
<b>Figura 13</b> - Valores de pH em $H_2O$ e em KCl, e teor de C orgânico ( $C_{org}$ ) nos solos da mata de panda (MP) e da cultura de milho (MPM). Letras diferentes para cada profundidade representam diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) pelo teste de Student. ....	59
<b>Figura 14</b> - Teores de $Ca^{2+}$ , $Mg^{2+}$ e $K^+$ e soma das bases (SB) de troca dos solos da mata de panda (MP) e da cultura de milho (MPM). Letras diferentes para cada profundidade referem diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) pelo teste de Student. ....	60



<b>Figura 15</b> - Concentração de $Al^{3+}$ extraível e valores da capacidade de troca catiónica efectiva (CTCE) e do grau de saturação em Al [GSA) = $(Al / (Al+SB))$ e teor de P extraível dos solos da mata de panda (MP) e da cultura de milho (MPM). Letras diferentes para cada profundidade referem diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) pelo teste de Student. ....	62
<b>Figuras 16</b> - Valores de pH em $H_2O$ e em KCl e teor de C orgânico ( $C_{org}$ ) dos solos de <i>Pinus patula</i> (PI) e da cultura de milho (PIM). Letras diferentes para cada profundidade referem diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) pelo teste de Student. ....	63
<b>Figuras 17</b> - Concentração de $Ca^{2+}$ e de $Mg^{2+}$ de troca e valor da soma das bases de troca nos solos da plantação de <i>Pinus patula</i> (PI) e da cultura de milho (PIM). Letras diferentes para cada profundidade referem diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) pelo teste de Student. ....	64
<b>Figura 18</b> - Concentração de $Al^{3+}$ e valores da capacidade de troca catiónica efectiva (CTCE) e do grau de saturação em Al [GSA) = $(Al / (Al+SB))$ e teor de P extraível dos solos de <i>Pinus patula</i> (PI) e da cultura de milho (PIM). Letras diferentes para cada profundidade representam diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) pelo teste de Student. ....	65
<b>Figura 19</b> - Valores de pH em $H_2O$ e em KCl e o teor de C orgânico ( $C_{org}$ ) dos solos do <i>E. grandis</i> (EU) e da cultura de milho (EUM). Letras diferentes para cada profundidade representam diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) pelo teste de Student.....	66
<b>Figura 20</b> - Concentração do $Ca^{2+}$ , do $Mg^{2+}$ e do $K^+$ de troca e da soma de bases de troca (SB) nos solos do <i>E. grandis</i> (EU) e da cultura de milho (EUM). Letras diferentes para cada profundidade referem diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) pelo teste de Student. ....	67
<b>Figura 21</b> - Teor de $Al^{3+}$ extraível, valores da capacidade de troca catiónica efectiva (CTCE) e do grau de saturação em Al [GSA) = $(Al / (Al+SB))$ e teor de P extraível nos solos do <i>E. grandis</i> (EU) e da cultura de milho (EUM). Letras diferentes para cada profundidade referem diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) pelo teste de Student. ....	68
<b>Figura 22</b> - Valores de pH em $H_2O$ e em KCl e teor de C orgânico ( $C_{org}$ ) dos solos das áreas com <i>G. robusta</i> (GR) e cultura de milho (GRM). Letras diferentes para cada profundidade referem diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) pelo teste de Student. ....	70
<b>Figura 23</b> - Bases extraíveis (Ca, Mg e K) e soma de bases (SB) dos solos com <i>G. robusta</i> (GR) e dos solos com cultura de milho (GRM).Letras diferentes para cada profundidade representam diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) pelo teste de Student. ....	71
<b>Figura 24</b> - Valor da capacidade de troca catiónica efectiva (CTCE), do grau de saturação em alumínio e da concentração de P extraível no solo da <i>G. robusta</i> (GR) e no da cultura de milho (GRM).Letras diferentes para cada profundidade referem diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) pelo teste de Student. ....	72

<b>Figura 25</b> - Valores médios da massa (g/vaso) das plantas de milho (peso seco a 80°C) nos diversos tratamentos do ensaio em vasos sem (A) ou com (B) aplicação de fertilizante de cobertura, 154 dias após a sementeira (2010/11). Tratamentos: testemunha (TE), fertilizante (FE1 e FE2), resíduos orgânicos (RS), calcário dolomítico (DL), calcário dolomítico e fertilizante (DLFE), calcário dolomítico e resíduos orgânicos (DLRS) e calcário dolomítico, resíduos orgânicos e fertilizante (DLRSFE). .....	73
<b>Figura 26</b> - Valores de massa (g/vaso) das plantas de milho (peso seco a 80°C) nos diversos tratamentos do ensaio em vasos sem aplicação de ureia, 88 dias depois da sementeira (2011/2012). As barras representam o erro padrão. Tratamentos como na Figura 25. ....	83
<b>Figura 27</b> - Valores de massa ( $\text{g m}^{-2}$ ) das plantas de milho (peso seco a 80°C) obtidos aos 149 dias após a sementeira nos diversos tratamentos do ensaio de campo no ano agrícola 2010/11. Tratamentos: testemunha (TE), fertilizante (FE), resíduos orgânicos (RS), calcário dolomítico (DL), calcário dolomítico e fertilizante (DLFE), calcário dolomítico e resíduos orgânicos (DLRS) e calcário dolomítico, resíduos orgânicos e fertilizante (DLRSFE). ....	90
<b>Figura 28</b> - Valores de massa ( $\text{g m}^{-2}$ ) das plantas de milho (peso seco a 80°C) obtido aos 109 dias após a sementeira nos diversos tratamentos do ensaio de campo quanto a planta possuía 16 folhas. As barras representam o erro padrão. Ano agrícola 2011/12. Tratamentos: testemunha (TE), fertilizante (FE), resíduos orgânicos (RS), calcário dolomítico (DL), calcário dolomítico e fertilizante (DLFE), calcário dolomítico e resíduos orgânicos (DLRS), resíduos de soja (SJ) e calcário dolomítico, resíduos orgânicos e fertilizante (DLRSFE). ....	98
<b>Figura 29</b> - Valores de pH ( $\text{H}_2\text{O}$ , KCl, $\text{CaCl}_2$ ) e teores de $\text{C}_{\text{org}}$ ( $\text{g kg}^{-1}$ ), no solo, às profundidades de 0-10, 10-20, 20-30, 30-40 e 40-50 cm. Os tratamentos são os mencionados no Quadro 29.....	111
<b>Figura 30</b> - Teores de N e valores da razão C/N, e teores de $\text{Ca}^{2+}$ e $\text{Mg}^{2+}$ , às profundidades de 0-10, 10-20, 20-30, 30-40 e 40-50 cm. Os tratamentos são os referidos no Quadro 29. ....	112
<b>Figura 31</b> - Teores de $\text{K}^+$ e do $\text{Al}^{3+}$ de troca e valores da soma das bases de troca (SB), e da capacidade de troca catiónica efectiva (CTCE) das camadas minerais do solo até à profundidade de 50 cm. Os tratamentos são os referenciados no Quadro 29. ....	114
<b>Figura 32</b> - Teores de P (teste de Egnér Riehm, $\text{P}_{\text{EG}}$ e de Olsen, $\text{P}_{\text{OL}}$ ) e de potássio ( $\text{K}_{\text{EG}}$ ) extraíveis do solo das camadas minerais até à profundidade de 50 cm. Os tratamentos são os mencionados no Quadro 29 .....	115



# **1 - INTRODUÇÃO**



Considera-se o solo como um corpo natural da superfície terrestre, independente e dinâmico, que pode ser rapidamente degradado, seja pela acção dos agentes modeladores do relevo, seja como consequência dos sistemas de uso a que é submetido. É um recurso de lenta regeneração pelo que o seu estudo é indispensável para a sua conservação. O solo é o meio natural para o desenvolvimento das plantas terrestres, fornecendo-lhes o adequado suporte físico bem como a maior parte da água e dos nutrientes de que necessitam (Brady & Weil, 1999). Assim, o solo é a base para a agricultura, tendo a sua qualidade uma importância primordial sobre o crescimento e desenvolvimento das plantas. Além disso, também é sobre o solo que assentam os agrupamentos populacionais e as infra-estruturas económicas e sociais, o que exige igualmente, o seu estudo com vista ao seu melhor aproveitamento para o ordenamento do território.

O desenvolvimento agrícola deve ser a estratégia central para o crescimento do desenvolvimento económico e a redução da pobreza (Birdsall, 1995), salientando-se que a pobreza, a fome e a degradação ambiental em África estão intimamente correlacionadas, e que qualquer acção para reduzir a pobreza e a fome vai ajudar a minimizar a degradação do meio ambiente (Cleaver & Schreiber, 1994). A produtividade agrícola em África deve ser aumentada para atender ao forte crescimento da população, o que implica forte apoio às práticas de agricultura de subsistência (Andriess *et al.*, 2007). A baixa fertilidade dos solos, associada a limitações nutricionais, especialmente as deficiências de N e de P, constitui um dos principais constrangimentos que afectam a agricultura Africana, para o crescimento da produtividade das culturas, nomeadamente nos sistemas de agricultura familiar (Nye & Greenland, 1960; FAO, 1972; Sanchez, 1976; Mkwunye *et al.*, 1996; Sanchez & Swaminathan, 2005).

A necessidade do profundo conhecimento das características do solo nas áreas tropicais concentra-se em três preocupações fundamentais: a insegurança alimentar, a pobreza rural e a degradação dos ecossistemas (Sanchez, 2002). Assim, esse conhecimento constitui a base para o desenvolvimento de estratégias de gestão dos sistemas agrícolas e das metas principais da agricultura sustentável (Acton & Gregorich, 1995). A

produção agrícola sustentável deve ser apoiada por medidas de conservação que garantam a manutenção a longo prazo da actividade.

A garantia da segurança alimentar da população em rápido crescimento nas regiões tropicais obriga a intensificar a produção de alimentos nos solos disponíveis com a introdução de sistemas de gestão adequados que incluam aplicação de fertilizantes e correctivos, a utilização de culturas tolerantes à acidez e a adição de matéria orgânica (Sanchez, 1976; Fageria & Baligar, 2005). Esta questão é da maior importância porque os solos cultivados das áreas tropicais em geral apresentam deficiências nutricionais sob cultivo contínuo sem adições complementares de fertilizantes (Tandon, 1993; Mkwunye *et al.*, 1996).

O declínio da produção de alimentos nos sistemas de cultivo nas áreas tropicais tem sido atribuído à falta de adopção de tecnologias de agricultura moderna. A principal limitação parece ser a incapacidade dos agricultores em repor os nutrientes exportados pelo cultivo contínuo que substituiu o sistema tradicional “mata de pousio”. Nas regiões tropicais, a agricultura itinerante tem sido amplamente usada por pequenos agricultores como um meio de produção em condições de fertilidade do solo aceitáveis. Praticada em diferentes formas, consiste no abate e queima das formações florestais ou de savana de pequenas áreas (por exemplo 0,5-1,0 ha) para cultivar um ou dois anos, seguindo-se um longo período de pousio (por exemplo, 15-30 anos); a área terá de ser novamente colonizada pela floresta ou pela savana a fim de restaurar a fertilidade do solo (Sanchez, 1976; Mkwunye & Hammond, 1992). Se o período de pousio for encurtado e o cultivo for prolongado por mais de dois anos, o rendimento das culturas diminui fortemente, criando uma pressão constante para utilizar novas áreas (Sanchez *et al.*, 1983). A queima dos resíduos significa que a maior parte do N, S e C a eles associados é perdida para a atmosfera, podendo também levar à degradação da estrutura do solo, à formação de crostas e à erosão do solo (Lal *et al.*, 1989; Van der Watt & Valentin, 1992). O cultivo subsequente pode resultar numa rápida deterioração das propriedades químicas, físicas e biológicas do solo (Lavelle *et al.*, 1992; Mkwunye & Hammond, 1992). Assim, um desafio importante para a qualidade do solo nas áreas tropicais é identificar os parâmetros que reflectem as deficiências de nutrientes.

Os solos das áreas tropicais (as situadas entre o Trópico de Câncer e o Trópico de Capricórnio) apresentam uma grande diversidade, representando a respectiva área mais de um terço dos solos do mundo (Eswaran *et al.*, 1992). Essa diversidade está associada aos variados tipos de clima que ocorrem nessas áreas: desde os tropicais chuvosos aos desérticos. Assim, a grande diferenciação dos solos dessas áreas está associada à quantidade de precipitação ou ao número anual de meses de chuva (período da chuva): climas chuvosos equatoriais, monsonicos e de savana climas húmidos sazonais, clima temperado húmido com estação seca no inverno e verão longo quente ou fresco. Os solos das áreas tropicais em que o clima é quente e húmido caracterizam-se por uma acentuada alteração, o que lhes confere especificidades respeitantes à profundidade, às características morfológicas, à constituição mineralógica, à reserva mineral e ao comportamento físico e químico. Muitos desses solos enquadram-se nos *Oxissolos* (SSS, 1999) ou *Ferralsolos* (WRB, 2006). Os principais factores que condicionam a produção agrícola nas áreas tropicais húmidas relacionam-se com as características do solo, sendo de destacar a baixa reserva de nutrientes, a acidez e toxidade do alumínio, a elevada capacidade de adsorção de fósforo e a baixa capacidade troca catiónica.

Os solos das áreas tropicais húmidas apresentam uma baixa reserva mineral, particularmente nas fracções limo e areia fina, sendo um critério utilizado em diferentes níveis da *Soil Taxonomy* (SSS, 1999) e da WRB (2006). A reserva mineral é um indicador do grau de evolução do solo e da sua capacidade de reposição de catiões básicos ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{K}^{+}$ ) para a solução do solo (Sanchez & Logan, 1992), bem como para avaliar a fertilidade potencial do mesmo. Estudo detalhado sobre reserva total em bases do solo (catiões básicos) indica que esta reserva é normalmente inferior a  $25 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  (Herbillon, 1989), mas reveste-se de forte variabilidade. Além disso, devido à constituição mineralógica desses solos, a capacidade de troca catiónica da respectiva fracção argilosa (de baixa actividade e com carga variável) é inferior a  $16 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  e apresenta forte variabilidade com o pH, facilitando a lixiviação de bases de troca do solo (CEP, 1995; WRB, 2006). Assim, a retenção e o reabastecimento de nutrientes ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{K}^{+}$ ) no solo é insuficiente para compensar a lixiviação e a exportação pelas culturas.



Deste modo, a baixa fertilidade dos solos das áreas tropicais húmidas está também em correspondência com a forte deficiência de Ca e de Mg, a qual constitui a grande limitação à produção vegetal dos mesmos (Sanchez *et al.*, 1997; Sanchez, 2002; Sanchez & Swaminathan, 2005). Muitos dos solos das regiões tropicais são deficientes em Ca sem apresentar problemas de toxicidade de Al (Ayres *et al.*, 1965). O Mn também pode ter forte influência na produtividade dos solos das áreas tropicais, dado ser muito solúvel para pH menor do que 5,5 (Black, 1967).

Nos solos com pH <5,5, a toxicidade do Al pode constituir um factor negativo para a produtividade das culturas (Poschenrieder *et al.*, 2008; Ryan & Delhaize, 2010). A acidez afecta fortemente as funções dos solos de regiões tropicais, estando associada à presença dos iões  $H^+$  e  $Al^{3+}$  em formas permutáveis (Malavolta, 2006; Brady & Weil, 2008). O  $Al^{3+}$  é o catião dominante associado à acidez de solo (Ricardo, 1969), sendo das espécies de Al mais tóxica para as plantas (Delhaize & Ryan, 1995; Hoshino *et al.*, 2000). Os solos das regiões tropicais húmidas apresentam em geral um elevado grau de saturação em Al (Guerrero, 1971), sendo responsável pelo abaixamento da produtividade dos solos (Sanchez, 1976), o qual também é devido a outros factores tais como a deficiência de Ca e de Mg e a toxicidade de Mn (Jackson, 1967).

Quando presente em concentrações elevadas o  $Al^{3+}$  é tóxico para plantas, o que está relacionado com a redução da concentração das bases de troca (Mora *et al.*, 2006). Destacam-se os efeitos negativos nas leguminosas forrageiras (Silva, 1998; Marin, 2008), bem como na actividade dos microrganismos do solo, nomeadamente *rizobium* e *micorrizas*. A toxicidade do Al é a causa mais comum da baixa fertilidade dos solos ácidos por avultados danos nas raízes, dado que tende a acumular-se nestas, impedindo a absorção e o transporte do Ca e do P para os tecidos em formação (Sanchez, 1976; Illés *et al.*, 2006). A relação do Ca com o Al está associada com o crescimento e o desenvolvimento duma grande variedade de plantas (Schaberg *et al.*, 2006), tendo sido mostrado que o excesso de Al compete ou inibe a capacidade de absorção Ca e/ou Mg, o que afecta o desenvolvimento normal das plantas (Silva *et al.*, 2005). A concentração de Al na solução do solo pode diminuir de modo acentuado com o aumento do teor

da matéria orgânica porque o Al forma complexos orgânicos (Kamprath, 1972), o que permite melhores condições para o crescimento das plantas em condições de elevada acidez do solo (Brady & Weil, 2008).

A acidificação do solo é processo natural associado ao desenvolvimento do solo das áreas tropicais e subtropicais (Freitas *et al.*, 2006), devido à elevada precipitação e ao baixo teor de minerais primários responsáveis pela reposição de cátions de reacção básica nos solos. A acidificação do solo pode ser acelerada por práticas associadas ao seu sistema de uso, tais como aplicações repetidas de azoto em quantidades que excedam a absorção de culturas (Adams, 1984); salienta-se os efeitos dos resíduos das culturas, o uso de fertilizantes amoniacais (ureia) (Rengel, 1996) e os compostos nitrogenados de origem animal (esturmes), como fontes responsáveis pela acidificação do solo (Wild, 1988; Lange *et al.*, 2006); a acidificação do solo também está associada à exportação de nutrientes pelas culturas (Mora *et al.*, 2006).

O material originário dos solos é a origem principal dos nutrientes essenciais e não-essenciais para o crescimento e desenvolvimento das plantas. Durante a meteorização os cátions básicos são libertados para a solução do solo, sendo a sua acção, no entanto, anulada por meio de lixiviação, em que a maior parte dos cátions básicos ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$  e  $\text{K}^+$ ) que neutralizam os efeitos da acidez dos cátions ácidos são removidos do solo, de que resulta a preponderância dos cátions ácidos. Este processo é preponderante nas áreas onde a precipitação excede a evapotranspiração. Quando a remoção desses cátions excede a libertação resultante de meteorização das rochas origina a diminuição de pH (Ulrich *et al.*, 1980).

A agricultura de subsistência nas regiões tropicais baseia-se no abandono temporário da terra (por períodos variáveis de pousio). O aumento da pressão populacional está a forçar que se faça uma gestão adequada da fertilidade do solo, a fim de manter a produtividade (Myers & De Pauw, 1995). Devido aos reduzidos recursos económicos, muitas vezes, não é possível aos agricultores aplicar as devidas quantidades de fertilizantes aos solos. A aplicação de resíduos orgânicos a solos ácidos a fim de minimizar a necessidade de correctivos calcários e de fertilizante fosfatados pode ser uma vantagem importante para agricultores sem recursos e que praticam uma

agricultura subsistência. De facto, os resíduos orgânicos tais como excrementos de animais, resíduos compostados e resíduos vegetais são facilmente disponíveis aos agricultores, embora às vezes em quantidades limitadas. Além disso, a combinação de materiais orgânicos com adubos minerais também melhora o teor de matéria orgânica do solo e o incremento do pH do mesmo (Bationo *et al.*, 1995).

A aplicação de calcário ( $\text{CaCO}_3$ ) ou calcário dolomítico [ $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ] moídos poderia aumentar substancialmente o Ca e/ou Mg, aumentar o pH e reduzir a acidez do solo, contribuindo para aumentar o P extraível e a capacidade de troca catiónica efectiva (Pieri, 1989; Lungu *et al.*, 1993). Dado que a solubilidade do Al é dependente do pH, num solo ácido corrigido o Al de troca solúvel precipita como hidróxido de alumínio. Vários estudos mostram que, além de reduzir a acidez do solo mediante a neutralização dos efeitos dos iões  $\text{H}^+$  e  $\text{Al}^{3+}$  (Haynes, 1984; Fageria & Baligar, 2005), a aplicação de correctivos calcários tem também várias vantagens, incluindo a capacidade para reduzir os efeitos de toxicidade de alguns microelementos ao reduzir a sua concentração e aumentar a disponibilidade de nutrientes para as plantas, tais como Ca, Mg, P e Mo no solo (Sauvé *et al.*, 2000).

Os sintomas de deficiência de P são comuns nas plantas que sofrem de toxicidade de Al (Foy *et al.*, 1974), podendo a aplicação de correctivos calcários aumentar a absorção de P do solo pelas plantas (Haynes, 1982). A baixa disponibilidade do P nos solos ácidos e fortemente alterados é um problema que assume grande importância, pois são precisas grandes quantidades de P para aumentar a disponibilidade deste elemento no solo a um nível adequado (Sanchez & Uehara, 1980). Isto deve-se a que tais solos contêm elevadas quantidades de minerais de ferro e/ou alumínio que têm elevada capacidade de adsorver o P (Juo, 1981). Assim, o P fixado não está disponível para o crescimento e desenvolvimento das plantas. As relações do Al com o P são de grande importância, pois a simples adição de superfosfato a solos ácidos com elevada concentração de Al provoca, muitas vezes, um aumento do crescimento das plantas (Le Mare, 1974; Jama *et al.*, 1997), diminuindo aparentemente a toxicidade do Al.

Nas regiões tropicais o teor de matéria orgânica no solo desempenha um papel importante na disponibilidade de nutrientes, como o N, o P e o S. A

matéria orgânica determina a maior parte da capacidade de troca catiónica dos solos dessas regiões, contribuindo para a retenção de bases de troca no solo. A fixação de P na fase mineral do solo pode também ser reduzida pelo acréscimo do teor de matéria orgânica (Sanchez, 1976). O uso de adubos verdes e resíduos orgânicos em solos ácidos podem reduzir a concentração de Al na solução do solo, proporcionando o crescimento das culturas (Hue & Amien, 1989; Wong *et al.*, 1995), pois os aniões orgânicos produzidos durante a decomposição desses resíduos podem reduzir temporariamente a capacidade de fixação do P nos solos (Sanchez, 1976). A integração de outras alternativas à calagem (como a aplicação de resíduos orgânicos) é um procedimento que também poderá limitar a toxicidade do Al presente na solução do solo, reduzindo a quantidade de correctivos calcários necessária para produzir adequadas colheitas em solos ácidos.

Angola ocupa um vasto território na zona intertropical, entre os paralelos 5º e 18º Sul e os meridianos 11º e 24º de latitude Este. À semelhança do que acontece na região tropical, Angola apresenta uma enorme variabilidade climática, a qual é determinada grandemente pelo regime de precipitação, dado que os regimes de temperatura são pouco diferenciados, limitando-se aos regimes isotérmico e isohipertérmico. Em Angola ocorre uma estação pluviosa (e uma seca) cuja duração é muito variável ao longo do território; a precipitação média anual varia desde mais de 1400 mm, a Norte, até valores inferiores a 100 mm, no litoral a Sul (Namibe). A variação da temperatura média anual através do território é da ordem de 6ºC (Ucuahamba *et al.*, 2006). Assim, no território de Angola ocorre uma grande diversidade climática, encontrando-se, segundo a classificação de Köppen, climas dos tipos Aw – tropical chuvoso de savana, Bsh – semi-árido quente (Estepe), Bsh' – semi-árido muito quente, Bwh – desértico quente, Bwh' – desértico muito quente, Cwa – temperado húmido com estação seca no inverno e verão longo e quente e Cwb – temperado húmido com estação seca no inverno e verão longo e fresco (Ucuahamba *et al.*, 2006)

As formações geológicas que afloram em Angola agrupam-se em formações sedimentares (de fácies marinha e continental), eruptivas e metamórficas. As formações sedimentares de fácies marinha ocorrem

sobretudo na “orla sedimentar do litoral” e englobam formações quaternárias a jurássicas, em que se destacam as areias de praia, as areias, os lateritos, os conglomerados, os arenitos, os calcários, as argilas e as margas; as formações de fácies continental compreendem formações do Quaternário (aluviões, areias, dunas, etc) ao Carbónico (conglomerados, arenitos, xistos argilosos), destacando-se pela sua enorme extensão as diversas formações do sistema do Calaári (cujas formações superficiais são essencialmente de natureza arenosa) que ocupam mais de metade (leste e centro) do território; as formações sedimentares do sistema de Karroo (que se depositaram desde o Triássico ao Cretácico) também têm extensão apreciável e correspondem a arenitos, margas calcárias, arcoses, rochas xistosas, conglomerados e argilitos. Quanto às rochas eruptivas, destacam-se pela sua grande extensão na zona central-leste e centro-oeste e sudoeste do País, as rochas eruptivas quartzíferas (granitos, granodioritos e rochas porfíroides) que, associadas a rochas metamórficas (quartzitos, gnaisses, migmatitos, micaxistos), constituem o Complexo de Base, bem como as formações básicas (gabros e anortositos) especialmente extensas na Huíla e no Cunene. As formações metamórficas correspondentes ao sistema do Congo Ocidental (Precâmbrio superior) englobam nomeadamente os Grupos Xisto-Gresosos e Xisto-Calcários, constituídos essencialmente por xistos argilosos, grés, conglomerados, grauvaques, siltitos e argilitos, calcários e calcários dolomíticos, xistos, quartzitos e argilitos (Carvalho, 1982).

No território de Angola foram consideradas na generalidade seis unidades geomorfológicas: a *Faixa do Litoral*, a *Zona de Transição*, a *Cadeia Marginal de Montanhas*, o *Planalto Antigo*, a *Bacia do Zaire* e as bacias do *Zambeze e do Cuango* (Marques, 1966). A *Faixa Litoral* estende-se ao longo da costa (com uma largura entre a dezena e as duas centenas de quilómetros) e está associada a formações da orla sedimentar litoral e, em parte, a rochas magmáticas plutónicas. A *Zona de Transição* é limitada a leste por escarpas (mais acentuadas a sul do Rio Cuanza) e talha rochas predominantemente metamórficas (xistos, quartzitos e calcários), para norte do Cuanza, e magmáticas plutónicas (granitos e gnaisses), para sul; as superfícies planas que a constituem são dominadas a norte por relevos vigorosos, mais ou menos individualizados; a sul as grandes aplanações são

dominadas por *inselbergs* de vertentes abruptas. A *Cadeia Marginal de Montanhas* marca a passagem para o interior e desenvolve-se de norte a sul embora com maior vigor a sul do rio Queve, constituindo uma unidade mais elevada, com altitudes próximas dos 2000 m, bem delineada entre Cassonge e a Humpata. O *Planalto Antigo* com altitude no geral superior a 1500 m, enquadra a Província do Huambo e parte das Províncias do Bié, Huila, Benguela e Cuanza Sul; a morfologia do Planalto Central corresponde a uma peneplanície ligeiramente ondulada, cortada por vales largos e profundos e recoberta por formações lateríticas, que se estende por todo o interior de Angola; perto da Cadeia Marginal de Montanhas a sua altitude atinge 1600-1700 m, descendo para este, tendo já no Cuanza uma altitude de 1300 m; os *inselbergs* são abundantes e tornam-se mais raros à medida que nos afastamos do limite ocidental; salienta-se a ocorrência de “anharas” do planalto que se desenvolvem em superfícies mal drenadas, onde têm origem os grandes rios. A *Bacia do Zaire* desenvolve-se a nordeste, nas áreas cuja drenagem se processa para norte, em rochas semelhantes às da unidade anterior. As *Bacias do Zambeze e Cuango* desenvolvem-se a sudoeste, nas regiões cuja drenagem se processa para leste e sudeste, fundamentalmente em rochas detríticas de cobertura (Costa, 2006).

À diversidade geológica, climática e geomorfológica do território de Angola, correspondem também diferentes tipos de vegetação (Moreira *et al.*, 2006), nomeadamente as florestas (floresta de chuva de baixa altitude e formações herbosas secundárias; floresta aberta de miombo húmido; florestas abertas indiferenciadas); as florestas abertas e matos de mopane; a transição entre as florestas abertas e matos de mopane e formações arbustivas; os matos densos de *Brachystegia spiciformis* e formações herbáceas; as formações arbustivas do Namibe; as formações herbosas das areias do Calaári; e as formações estepóides do deserto do Namibe.

As diferentes condições climáticas, geológicas e de relevo determinam em Angola uma grande diversidade de solos com características e representatividade muito diferentes, como se deduzda Carta Geral dos Solos de Angola (MPA, 1959; MPA, 1961; MPAM, 1968; MPAM & CEPT, 1972; CEPT, 1981; CEP, 1985; CEP, 1995; CEP, 2002). Na 4ª aproximação da Carta Generalizada dos Solos de Angola (Franco & Raposo, 1997), elaborada

com base nos princípios da Legenda da Carta Geral do Mundo (FAO/UNESCO, 1974), com as emendas introduzidas na revisão de 1988 dessa legenda (FAO, 1988), conclui-se que em Angola existem 18 Agrupamentos Principais de Solos: *Arenossolos*, *Ferralsolos*, *Luvissolos*, *Cambissolos*, *Calcissolos*, *Alissolos*, *Fluvissolos*, *Podzois*, *Solonetz*, *Leptossolos*, *Acrissolos*, *Vertissolos*, *Lixissolos*, *Nitissolos*, *Solonchaks*, *Gleysols*, *Phaeozems* e *Gypsisols*. Os oito primeiros ocupam cerca de 91% da área total do território angolano; os restantes agrupamentos cobrem pouco mais de 3% dessa área; a área restante (6%) engloba terreno rochoso, dunas de deserto, afloramentos rochosos e areias de praia. Os dois agrupamentos mais representados (*Arenossolos* e *Ferralsolos*) ocupam mais de 75% do território. Os *Arenossolos* abrangem cerca de 53,2% e dominam largamente nas províncias de Moxico, Cuando-Cubango, Lunda Sul e Lunda Norte, ocorrendo com alguma expressão nas províncias de Cunene, Huila, Uíge e Zaire. Trata-se de solos de textura grosseira e que possuem baixa capacidade de troca catiónica, de retenção de água e reduzidos teores de nutrientes; a sua aptidão é limitada para grande parte de culturas arvenses, oferecendo em contrapartida, condições favoráveis para muitas culturas arbóreas e arbustivas e, naturalmente, para algumas espécies florestais; estes solos englobam, nomeadamente, os *Solos Xero-Litólicos*, os *Solos Udo – Litólicos* e os *Solos Psamo - Rególicos* da 3ª aproximação da Carta Generalizada dos Solos de Angola (MPAM & CEPT, 1968). Os *Ferralsolos* representam cerca de 22,6% do território e desenvolvem-se em geral sobre rochas eruptivas quartzíferas (granitos, granodioritos e quartzodioritos) sob um regime de humidade “údic” ou “ústico” e de um regime térmico “iso-hipertérmico” ou “isotérmico”; ocorrem em geral no Planalto Central de Angola e com expressão significativa nas províncias do Uíge, da Lunda Norte, de Malanje, do Cuanza Norte, de Cabinda, do Zaire, da Lunda Sul e do Moxico. Os *Ferralsolos* englobam os *Solos Ferralíticos* (*Fracamente Ferralíticos*, *Ferralíticos Típicos* e *parte dos Psamo-Ferralíticos*) e parcialmente os *Solos Paraferalíticos* (MPAM & CEPT, 1968). Estes solos apresentam-se fortemente alterados com fracção argila constituída essencialmente por minerais cauliníticos e minerais de ferro e, frequentemente, de alumínio (razão  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  inferior a 1,8), apresentando baixa reserva mineral, capacidade de

troca catiónica inferior a  $15 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  e grau de saturação em bases nos horizontes Bo em geral inferior a 50% (CEPT, 1981).

A agricultura de subsistência é a actividade básica para a sobrevivência e para a geração da renda da maior parte da população da República de Angola; este sistema está longe de ser o fornecedor de alimentos nas áreas urbanas e de bens primários para a indústria agro-alimentar. O Planalto Central de Angola apresenta a maior densidade populacional rural do País e um índice de pobreza extrema, onde a actividade agrícola de subsistência (o milho é a cultura principal consociada com outras culturas nomeadamente feijão, batata doce, mandioca), exercida predominantemente nos *Solos Ferralíticos*, sofre fortes restrições impostas pelas limitações da produtividade dos solos. Esta agricultura é feita principalmente com recurso ao agregado familiar e aos recursos naturais disponíveis, destinando-se as produções principalmente para assegurar grande parte das necessidades de consumo do agregado, mas que geram também algum excedente caso seja possível para comercialização. Os agricultores de escassos meios económicos e na maioria dos casos desprovidos da posse de terra são obrigados a lutar pela subsistência e contra a pobreza, utilizando intensivamente os mesmos terrenos sem recorrerem à gestão adequada dos respectivos solos; a falta da reposição dos nutrientes exportados quer pelas culturas, quer pela lixiviação na sequência das queimadas contribui de forma decisiva para a incapacidade do solo fornecer os nutrientes necessários para o desenvolvimento das plantas e reduzir a qualidade do mesmo longo prazo. Nestas circunstâncias abrem lavras antigas encurtando o período de pousio e limitando cada vez mais a produtividade do solo. Também, a queima dos resíduos das culturas (nos fins do meses de Abril e Maio), expondo o solo à forte radiação solar e ao vento que se faz sentir naquele período, contribuem para a degradação do solo e do meio ambiente.

A melhoria do uso de recursos e da eficiência dos sistemas de agricultura implica conhecer as características e limitações dos solos para estabelecer os apropriados sistemas de uso. Não obstante os inúmeros estudos sobre os solos de Angola, nomeadamente a caracterização física, química e mineralógica e a respectiva classificação e cartografia (a escala muito pequena), a informação existente não é ainda suficiente para responder



a esse desafio (Ricardo *et al.*, 2006). Com base em ensaios em vasos com alguns solos de Angola, considera-se que 94% dos solos evidenciam carências de P, das quais cerca de 88% se classificam de fortes (Moreira & Dias, 1963), o que é corroborado pelos dados relatados por (Asanzi *et al.*, 2006) para o Planalto Central de Angola. No tocante ao azoto, verificou-se que cerca de 39% deles podem apresentar carências fortes, o que é suportado pela forte resposta da produção de milho à aplicação de 100 kg/ha de azoto (Henriques *et al.*, 2010). Um pouco mais de dois terços dos solos mostram deficiência em enxofre; as percentagens de solos carenciados em potássio, cálcio, magnésio e micronutrientes atingem 23, 13, 16 e 7%, respectivamente; no que se refere ao Ca a carência tem maior incidência em *Solos Fracamente Ferrálicos Amarelos* (Huambo) e *Solos Psamo-Ferrálicos* (Bié).

Dada a informação analítica disponível, foram desenvolvidos recentemente estudos sobre os solos de Angola (que abrangeram os agrupamentos mais importantes) no que respeita ao Al extraível (Neto, 2006), ao complexo de troca, à quantidade da reserva (bases) mineral e aos teores e formas de ferro livre do solo (Teixeira, 2006); Ucuassapi (2006), por seu turno, reafirmou a baixa disponibilidade de nutrientes em muitas das unidades de solos de Angola. Desses estudos ressalta que o teor de Al extraível em 75% de 45 horizontes de *Solos Ferralíticos* é inferior a 1 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>; porém, alguns apresentam teores da ordem de 5 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>; isto é, o teor de Al extraível nos diferentes *Solos Ferralíticos* do Planalto Central é muito variável. O grau de saturação em Al de troca – percentagem deste em relação à capacidade de troca catiónica efectiva – varia nos horizontes superficiais e subsuperficiais desde valores mínimos a valores próximo de 100 % (Neto, 2006). Considerando que o grau de saturação de 60 % marca o limiar para a forte expressão da toxidade do Al (Sanchez, 1976), então o nível de Al extraível tanto pode ou não limitar a produção vegetal. A acção do Al, porém, não se expressa de forma isolada, havendo que considerar as deficiências de outros elementos essenciais para o crescimento e desenvolvimento das plantas, tais como o Ca, o Mg, o K e o P que condicionam fortemente a fertilidade do solo.

A reserva mineral dos solos expressa o grau de evolução do solo e da sua capacidade de reposição de bases de troca (Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> e K<sup>+</sup>) para a

solução do solo (Sanchez & Logan, 1992) e constitui um indicador valioso para avaliar a fertilidade potencial do mesmo. Os resultados obtidos (Teixeira, 2006) indicam, na generalidade, que o valor desse parâmetro está bastante abaixo do limite superior considerado para os *Oxisolos* (Herbillon, 1989). Os teores de Fe livre apresentam uma grande variabilidade (com a natureza do material originário), mas não ultrapassam em regra 15% da fracção argilosa dos solos (Teixeira, 2006), sugerindo que a fixação do fósforo poderá não ser uma forte limitação (Sanchez, 1976). A baixa fertilidade dos solos estudados não deverá ser só associada à acidez de troca (ou melhor  $Al^{3+}$  de troca), mas também à pobreza em bases de troca, nomeadamente o Ca e o Mg (Neto, 2006; Teixeira, 2006). Para além do baixo nível da fertilidade dos solos, as baixas produções unitárias da agricultura angolana tradicional podem associar-se a outros factores como a baixa capacidade genética das plantas cultivadas, a ocorrência de infestantes e os ataques de pragas e doenças (Ucuassapi, 2006).

Dadas as características dos solos do Planalto Central de Angola, a necessária avaliação de sistemas para melhorar a sua produtividade passa pela instalação de sistemas experimentais com várias opções de gestão adaptadas às condições socio-económicas e ecológicas e que tendam a melhorar as características do solo, nomeadamente a redução da acidez, o aumento de disponibilidade de nutrientes e a acumulação de matéria orgânica. Interessa considerar, por exemplo, o uso de materiais orgânicos (resíduos vegetais e animais) ao alcance dos agricultores, de adubos minerais e de calcário (ou dolomite) nos sistemas agrícolas do Planalto Central para diminuir as limitações do solo, aumentando a disponibilidade de nutrientes, neutralizando ou reduzindo os efeitos de toxicidade do Al e melhorando o ambiente radicular das plantas. As condições anteriores permitem que seja aumentado o rendimento da área cultivada, melhorado o rendimento familiar e melhoradas as condições de vida da população rural. A melhoria das características do solo também contribui para diminuir o abate de formações florestas para novas lavras, garantindo de forma sustentada o aumento da qualidade do solo, a redução da pobreza e da fome, e tornar os sistemas agrícolas menos vulneráveis.

O contexto das áreas rurais de Angola justifica plenamente que sejam preconizadas acções voltadas para o fortalecimento da economia rural, assegurando o acesso dos camponeses aos meios de produção, ao crédito bancário e inclusive a sementes com potencial genético melhorado. O relançamento da produção agrícola poderá ser o factor decisivo para suporte da evolução da agricultura tradicional de subsistência, baseada numa tecnologia de baixo nível. Para o efeito é urgente introduzir conhecimentos modernos da utilização racional do solo, tendo em conta as suas limitações, e a sustentabilidade dos sistemas de uso.

De modo a obter informação para consubstanciar políticas de melhor uso dos recursos naturais e a identificar práticas e tecnologias de gestão dos sistemas agrários e uso sustentável dos solos do Planalto Central de Angola, desenvolveu-se um estudo com o objectivo de:

- (i) - Avaliar a ordem de grandeza da acidez e do alumínio extraíveis dos solos e identificar em que medida constitui uma forte limitação à produção e é necessário ter em conta para a correcção da reacção do solo;
- (ii) - Avaliar em que medida os sistemas florestais (de espécies autóctones e exóticas) recuperam a longo prazo algumas das características do solo (reacção, teor de carbono; capacidade de retenção de nutrientes); e
- (iii) – Identificar e fundamentar sistemas e técnicas de gestão do solo mais adequados para melhorar a fertilidade do mesmo e que proporcionam o crescimento e o desenvolvimento das plantas, aumentando a produtividade e a rentabilidade, premissas imprescindíveis para uma agricultura sustentável e que sejam social, cultural e economicamente adaptáveis ao meio angolano.

O presente trabalho abrangeu actividades inerentes ao estudo de amostras de *Solos Ferralíticos* utilizados para a cartografia Geral dos Solos de Angola, a amostragem retrospectiva de solos de campos experimentais, a instalação e acompanhamento de sistemas experimentais, processamento, interpretação e análise de dados, com finalidade de avaliar a influencia de sistemas de gestão do solo na qualidade do mesmo, no âmbito de agricultura

sustentável e da segurança alimentar. No presente capítulo apresenta-se o enquadramento do estudo, faz-se uma abordagem geral das características e limitações dos solos das regiões tropicais húmidas, em particular os *Solos Ferralíticos* de Angola, e sobre a necessidade de identificar sistemas de gestão adequados à qualidade do solo e ao aumento da produção agrícola no contexto sócio económico de Angola; no segundo capítulo faz-se o enquadramento ambiental das áreas de estudo, a caracterização dos sistemas experimentais, a identificação das metodologias de campo e laboratoriais utilizadas e as correspondentes análises estatísticas; no terceiro são apresentados os diversos resultados; no quarto são discutidos os resultados obtidos; no quinto capítulo apresentam-se as conclusões decorrentes dos resultados obtidos.



## **2 - MATERIAL E MÉTODOS**



## 2.1– ACIDEZ DE TROCA NOS SOLOS DE ANGOLA

### 2.1.1 – Materiais

A gestão da acidez do solo, associada a reacção fortemente ácida ou medianamente ácida, é de grande importância porque afecta a disponibilidade de nutrientes e a actividade biológica do solo (Brady & Weil, 2008); especificamente expressa a concentração de alumínio na solução do solo e a eventual toxicidade deste para as plantas (Sanchez, 1976). Na caracterização dos solos da República de Angola efectuada com vista à sua classificação e cartografia, apesar de na maior parte dos casos apresentarem carácter ácido, não foram contempladas as determinações sobre a acidez de troca e, mais particularmente, o alumínio de troca (também designado por extraível), não se conhecendo, assim, a sua influência na qualidade dos respectivos solos nos diferentes ecossistemas, nem a sua influência na produtividade das plantas economicamente importantes cultivadas em solos com elevada concentração de alumínio de troca. Deste modo, para a adequada gestão de solo dos ecossistemas agrários da República de Angola é imperioso conhecer em detalhe os factores determinantes da respectiva acidez.

Neste contexto, do universo das amostras da colecção do Instituto de Investigação Científica Tropical (IICT) correspondentes aos vários perfis das províncias do País, considerados na Cartografia Geral dos Solos de Angola, foram seleccionadas amostras de solos (em geral dos horizontes superficiais e subsuperficiais) com reacção ácida localizados em diferentes províncias da República de Angola: Huíla (MPA, 1959), Huambo (MPA, 1961), Cabinda (MPAM, 1968), Uíge (MPAM & CEPT, 1972), Benguela (CEPT, 1981), Cuanza Sul (CEP, 1985), Malange (CEP, 1995) e Bié (CEP, 2002). As características físicas e químicas dos *Solos Fracamente Ferrálicos* seleccionados encontra-se no Anexo 1. A metodologia analítica está descrita em Metodologia Laboratorial (3.4).



## 2 – SISTEMAS DE USO E CARACTERÍSTICAS DO SOLO

Na Estação Experimental Agrícola da Chianga (do Instituto de Investigação Agronómica), localizada no Planalto Central de Angola (Província do Huambo) a uma altitude média de 1700 m (12° 15' de latitude Sul e 13° 50' de longitude Este), com uma área de 2550 ha, cujos solos são essencialmente *Ferralíticos* (*Tipoferrálicos Amarelos* e *Vermelhos*; MPA, 1961; Nogueira, 1970), avaliou-se a influência de diferentes ecossistemas florestais (plantação de *Pinus Patula*, de *Grevillea robusta* (associada a cafeeiros), de *Eucalyptus grandis* e de espécies representativas da “mata de panda” (para simular o efeito da regeneração da mesma) e comparativamente a sistemas agrícolas (cultura de milho) adjacentes a cada uma dessas formações no respeitante a algumas características químicas do solo, com principal incidência no teor de carbono orgânico, nas características do complexo de troca e no teor de fósforo e potássio extraíveis.

Para o efeito, em Setembro de 2009, fez-se uma amostragem retrospectiva (por sondagem) ao longo de linhas paralelas nas áreas limítrofes dos pares de sistemas a comparar, nas profundidades de 0-10, 10-20 e 20-30 cm, colhendo-se um total de 282 amostras. Os detalhes de cada par de sistemas em comparação, bem como os respectivos detalhes da amostragem são indicados seguidamente.

As amostragens em cada área de estudo efectuaram-se ao longo de duas linhas paralelas ao limite dos ecossistemas, distanciadas aproximadamente 40 metros; e em cada um dos locais de amostragem nessas linhas, delimitou-se uma área de 1 m<sup>2</sup>, onde se colheram cinco amostras por sondagem, para cada nível de profundidade considerado, as quais foram misturadas, originando uma amostra composta.

### **Plantação de *Pinus patula*/milho**

A plantação de *P. patula* (altitude de 1676 a 1688 m; 12°44,084'-12°44,169' de latitude Sul; 15°48,946'-15°48,988' de longitude Este) foi instalada em 1965 numa área de *Solos Tipoferrálicos Amarelos*, num compasso muito apertado (2x3 m). Embora bastantes árvores tenham sido

abatidas, na maior parte da área não ocorria vegetação herbácea e arbustiva e o solo estava totalmente coberto por camadas orgânicas com 1-2 cm de espessura devido à acumulação de resíduos associados à deposição de folhada. A área confinante com a cultura de milho encontrava-se em abandono há dois anos devido à baixa produtividade que é atribuída à reacção ácida do solo. Colheram-se amostras em 11 locais de cada um dos sistemas (66 amostras).

### **Mata de panda/milho**

Estes sistemas localizam-se a uma altitude entre 1679 e 1680 m (12°44,106'-12°44,09' de latitude Sul; 15°49,125' - 15° 49,191' de longitude Este). A mata de panda (incluindo as espécies *Brachystegia spiciformis*, *Brachystegia tamarindoides*, *Julbernardia paniculata* e *Isobertia angolensis*) foi também instalada (em 1968) numa área de *Solos Tipoferrálicos Amarelos* e, à data da amostragem, parecia bastante próxima das formações naturais, com espécies de porte arbóreo e arbustivo; o estrato herbáceo era reduzido e a camada orgânica é negligenciável. A área agrícola limítrofe foi previamente utilizada para a cultura de amendoim (até 1973) e posteriormente objecto de cultura de milho a partir de 2007, sendo esta cultura abandonada no ano seguinte devido à baixa produtividade que também se atribui também à reacção ácida do solo. Neste caso amostraram-se 14 locais em cada um dos sistemas (84 amostras).

### **Plantação de *Grevillea robusta* (café)/milho**

Estes dois sistemas encontram-se a uma altitude de 1684 - 1698 m (localizada a 12°44,102' - 12°44,158' de latitude Sul e 15°49,703' e 15°49,720' de longitude Este) numa área de *Solos Tipoferrálicos Amarelos*. O coberto de *G. robusta* com cerca de 41 anos de idade (instalado em 1968), era bastante denso e o subcoberto composto por cafeeiros e vegetação herbácea e arbustiva; a acumulação de resíduos orgânicos na superfície do solo era negligível. A cultura de milho da área confinante (desde 1980), não obstante ter sido fertilizado com fertilizantes 12-24-12 e 17-17-17 (em geral 250 kg/ha) e de cobertura - primeiramente com sulfato de amónio (até 2009) e ultimamente (a partir 2010) ureia -- apresentava um fraquíssimo

desenvolvimento e estava dominada por infestantes. O controlo de infestantes tem sido feito irregularmente através de sachas ao longo do ciclo vegetativo. Amostraram-se 9 locais em cada um dos sistemas (54 amostras).

### **Plantação de *Eucalyptus grandis*/milho**

A plantação e a área agrícola limítrofe encontram-se a uma altitude de 1732 - 1733 m (localizada a 12°43,597' - 12°43,639' de latitude Sul e 15°50,525' - 15°50,586' de longitude Este) numa área de *Solos Típo ferrálicos Vermelhos*. A plantação de *E. grandis* foi instalada em 1968 (cerca de 41 anos de idade) e em 2009 apresentava-se bastante aberta e com denso estrato de gramíneas; a camada orgânica também mostrava uma expressão mínima. Na área confinante à plantação, a cultura de milho (praticada intermitentemente desde os anos sessenta) consociada com mandioca (mandioca) e feijão, estava em fim de lavoura (quatro anos); na respectiva área têm sido aplicados fertilizantes (em geral 12-24-12), em dose desconhecida. Amostraram-se 12 locais em cada um dos sistemas (72 amostras).

Em qualquer dos casos as amostras do solo foram secas ao ar e crivadas por um crivo de 2 mm. O solo foi colocado em sacos devidamente etiquetado para o processamento analítico. A metodologia analítica seguida está detalhada em Metodologia Laboratorial (3.4).

## **2.3 – SISTEMAS EXPERIMENTAIS**

Para avaliar os efeitos dos diferentes sistemas de gestão do solo, consideraram-se vários tratamentos, designadamente aplicação de calcário dolomítico, de resíduos orgânicos e de fertilizantes, bem como combinações entre eles. Os tratamentos, consoante a sua natureza, foram delineados prevendo a neutralização do alumínio de troca, o aumento do teor em bases extraíveis, em azoto e em fósforo e potássio extraíveis no solo e, evidentemente, a elevação da produtividade de uma cultura de referência. Para o efeito, foram desenvolvidos dois sistemas experimentais, repetidos em dois anos agrícolas (de Setembro de 2010 a Março de 2012), correspondendo um a um sistema de ensaio em vasos e outro a um sistema experimental nas condições naturais (ensaio de campo). Utilizou-se como planta teste a cultivar

de milho SAM3 (Sintético Amarelo Maria 3), variedade de polinização livre e ciclo longo.

Salienta-se que, tanto num como noutro ensaio, os tratamentos utilizados foram semelhantes e a monitorização foi feita em simultâneo. O ensaio em vasos foi estabelecido numa estufa da Estação Experimental Agrícola da Chianga (EEAC), em vasos (sacos de polietileno) e em ambiente controlado no que respeita à humidade. O segundo sistema foi implantado nas condições naturais (no campo) numa área representativa da área agrícola da EEAC.

Em Março de 2010 procedeu-se à colheita (em quantidades suficientes) dos resíduos orgânicos (feijão congo sem vagem, carolo de milho e soja sem vagem) a utilizar nos sistemas experimentais; estes resíduos foram secos ao ar durante quatro dias e armazenados em sacos de ráfia para a sua posterior utilização nos ensaios; antes da aplicação foram secos na estufa a 80°C até peso constante e depois pesados de acordo com a quantidade a aplicar em cada tratamento. Partiu-se do pressuposto de que para uma área de um hectare são necessárias aproximadamente 6 t/ha de massa seca (a 80°C) de resíduos. Em qualquer dos sistemas experimentais foram utilizados os mesmos resíduos orgânicos de acordo com a quantidade necessária para cada sistema tendo em conta os objectivos do estudo.

Ao longo do período do desenvolvimento do estudo durante o primeiro ano agrícola (2010/2011) ocorreram vários constrangimentos, nomeadamente no acompanhamento dos ensaios (na Estação Experimental Agrícola da Chianga, Huambo), o que não foi possível efectuar directamente pelo próprio, devido à coincidência desta actividade com a sua deslocação ao Instituto Superior de Agronomia (Lisboa) para cumprimento da parte curricular do programa de doutoramento. Sublinha-se também que a presença de roedores (que se alimentaram de plantas do ensaio de campo) afectou a biomassa colhida no ensaio de campo. Além disso, a disponibilidade de estufas no laboratório apenas durante cinco horas diárias (devido ao horário estabelecido para o gerador) conduziram a enormes dificuldades na manipulação das amostras com possíveis consequências na qualidade dos dados obtidos como adiante se explicita.

No prosseguimento do estudo (ano agrícola 2011/2012) para ultrapassar os obstáculos observados no ensaio de campo no ano anterior, a área envolvente das parcelas experimentais também foi coberta com a cultura de milho para contrariar ou minimizar a actividade dos roedores; esta estratégia foi eficiente, pois no segundo ano de ensaio não ocorreram perdas devido aos roedores. Mesmo assim, para garantir o sucesso do ensaio, devido ao prolongado e anormal período do pequeno cacimbo (época seca durante a época chuvosa) no ano agrícola de 2011/2012, houve a necessidade de efectuar regas complementares (correspondente aproximadamente a 17 mm de três em três dias) a partir do dia 18 de Janeiro até 10 de Fevereiro de 2012 para manter o ensaio em condições aceitáveis.

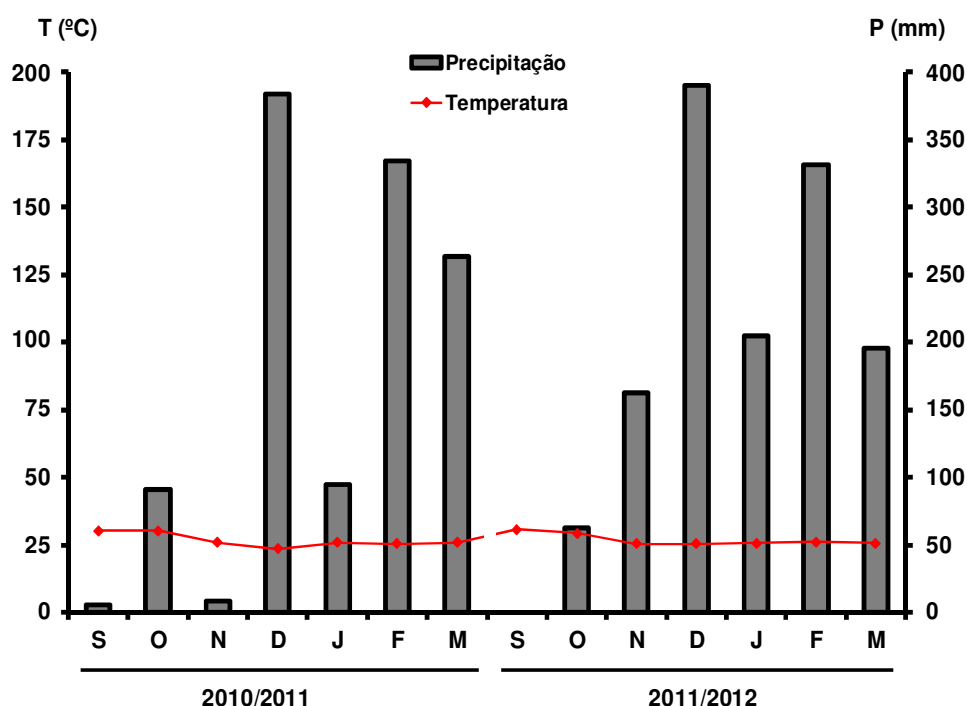
### **2.3.1 – A área de estudo**

O estudo de campo decorreu na Estação Experimental Agrícola da Chianga (EEAC), que fica situada no Município do Huambo, Província de mesmo nome. A EEAC está a uma altitude de 1650 m e 1740 m (o ponto mais elevado) localizada a 12º14' e 12º16' de latitude Sul e 15º48 e 15º 52' de longitude Este, com uma área aproximada de 2 550 ha. A EEAC constitui um dos principais centros de experimentação do Instituto de Investigação Agronómica (IIA), onde se encontra a sede do mesmo e as suas mais importantes instalações laboratoriais.

O clima da área é temperado húmido com estação seca no inverno e verão longo e fresco (Ucuahamba *et al.*, 2006). A precipitação média anual é cerca de 1400 mm. O período pluvioso abrange os meses de Outubro a Abril, durante os quais se verifica cerca de 96% do total anual de precipitação; a época seca, normalmente designada por “cacimbo”, em que praticamente não chove, compreende os meses de Maio a Setembro, em que também se verifica grande diminuição de humidade relativa do ar, céu limpo ou poucas nuvens e abaixamento da temperatura.

Durante a época das chuvas, verificam-se geralmente dois máximos de precipitação, um em Dezembro e outro em Março; além disso, é normal a ocorrência do “pequeno cacimbo”, normalmente de meados de Janeiro a

meados de Fevereiro, caracterizado pela ausência ou quantidade reduzida de precipitação, podendo abranger em geral períodos de quinze a trinta dias. A sua duração, em média de 15 dias, pode prolongar-se por mais de 30 dias (Nogueira, 1970). Os valores mensais da precipitação e a temperatura média mensal do ar (Estação Meteorológica da EEAC) ao longo do período de estudo (anos agrícolas de 2010/2011 e 2011/12) estão indicados na Figura 1; sublinha-se que durante os meses de Setembro, Outubro e Novembro de 2010 e nos de Setembro e Outubro de 2011 a precipitação foi muito inferior à normal climatológica, sendo num dos casos nula.

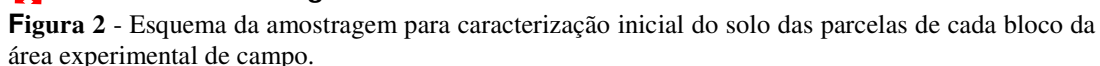


**Figura 1** - Valores mensais da precipitação (P) e da temperatura média mensal (T) do ar na Estação Meteorológica da Chianga (Huambo) durante o período de estudo.

A temperatura média anual é de 18,8°C e sua variação anual é bastante pequena. Os meses mais quentes (Setembro e Outubro) coincidem com o início da época chuvosa, atingindo o valor máximo no mês de Outubro. O valor médio anual das temperaturas mínimas é de 11,7°C, atingindo o valor mínimo no mês de Junho.

Os solos da área da EEAC, segundo a Carta de Solos do Centro de Estudos da Chianga (Nogueira, 1970) são fundamentalmente Ferralíticos que se distribuem pelas sub-ordens *dos Solos Tipoferrálicos Amarelos* ou *Alaranjados* e *Tipoferrálicos Vermelhos*, bem como dos *Solos Fracamente*

Para a caracterização mais específica dos solos da área de estudo, antes da instalação do ensaio de campo colheram-se, em Maio de 2010, amostras de solo nos quatro vértices das trinta e duas parcelas delimitadas para o futuro ensaio de campo, segundo o esquema da amostragem indicado na Figura 2.



28

As características dos solos da área experimental de campo estão indicadas nos Quadros 1 e 2. Os solos apresentavam textura argilosa ao longo da espessura considerada, reacção fortemente ácida, um complexo de troca exibindo uma concentração em bases de troca muito baixa e, em contrapartida, um teor muito mais elevado de  $\text{Al}^{3+}$  de troca; o teor de P extraível era muito baixo ou, mesmo, negligenciável a partir de 20 cm de profundidade; o teor de carbono orgânico era o comum para o tipo de solos considerados (CEP, 1995).

**Quadro 1-** Teores de areia grossa (AG), areia (AF), limo (LM) e argila (AR), valores de pH e teor de C orgânico ( $\text{C}_{\text{org}}$ ) e de azoto (N) do solo da área experimental de campo, antes da instalação dos tratamentos. Os valores são média  $\pm$  desvio padrão ( $n = 32$ ).

Prof cm	AG	AF	LM	AR	pH			$\text{C}_{\text{org}}$ g $\text{kg}^{-1}$	N
					H <sub>2</sub> O	KCl 1 M	$\text{CaCl}_2$ 0,01 M		
0-10	358,5	192,8	20,1	428,6	5,14 $\pm$ 0,19	4,12 $\pm$ 0,06	4,10 $\pm$ 0,09	14,62 $\pm$ 2,53	0,86 $\pm$ 0,13
10-20	351,8	202,4	10,6	435,2	5,07 $\pm$ 0,11	4,16 $\pm$ 0,11	4,10 $\pm$ 0,09	11,78 $\pm$ 2,33	0,73 $\pm$ 0,12
20-30	338,1	205,8	14,9	441,2	5,04 $\pm$ 0,15	4,17 $\pm$ 0,06	4,11 $\pm$ 0,05	9,02 $\pm$ 1,50	0,54 $\pm$ 0,07
30-40	304,9	199,3	20,8	475,0	5,28 $\pm$ 0,20	4,26 $\pm$ 0,08	4,20 $\pm$ 0,07	6,99 $\pm$ 1,42	0,45 $\pm$ 0,07
40-50	270,5	192,1	28,4	475,0	5,50 $\pm$ 0,20	4,47 $\pm$ 0,11	4,36 $\pm$ 0,13	5,61 $\pm$ 2,00	0,39 $\pm$ 0,12

**Quadro 2** - Concentração de bases de troca ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{K}^+$ ), da soma de bases de troca (SB), da acidez de troca ( $\text{Al}^{3+} + \text{H}^+$ ), do  $\text{Al}^{3+}$  de troca, de fósforo e potássio extraíveis (teste de Egnér-Riehm) no solo da área experimental de campo, antes da instalação dos tratamentos. Os valores são média  $\pm$  1 desvio padrão ( $n=32$ ).

Prof cm	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Mg}^{2+}$	$\text{K}^+$	SB	$\text{Al}^{3+} + \text{H}^+$	$\text{Al}^{3+}$	P ext	K ext
	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>				mg kg <sup>-1</sup>			
0-10	0,19 $\pm$ 0,11	0,06 $\pm$ 0,02	0,10 $\pm$ 0,03	0,47 $\pm$ 0,16	1,10 $\pm$ 0,10	1,12 $\pm$ 0,10	4,73 $\pm$ 1,77	40,2 $\pm$ 10,4
10-20	0,12 $\pm$ 0,06	0,04 $\pm$ 0,01	0,08 $\pm$ 0,04	0,36 $\pm$ 0,08	1,07 $\pm$ 0,08	1,18 $\pm$ 0,08	2,04 $\pm$ 1,27	30,1 $\pm$ 4,5
20-30	0,07 $\pm$ 0,03	0,03 $\pm$ 0,01	0,04 $\pm$ 0,01	0,25 $\pm$ 0,05	0,95 $\pm$ 0,07	0,99 $\pm$ 0,08	0,59 $\pm$ 0,52	20,2 $\pm$ 4,2
30-40	0,05 $\pm$ 0,02	0,02 $\pm$ 0,00	0,04 $\pm$ 0,01	0,23 $\pm$ 0,04	0,74 $\pm$ 0,11	0,79 $\pm$ 0,12	0,15 $\pm$ 0,23	16,8 $\pm$ 7,3
40-50	0,06 $\pm$ 0,04	0,02 $\pm$ 0,00	0,03 $\pm$ 0,01	0,22 $\pm$ 0,04	0,34 $\pm$ 0,12	0,41 $\pm$ 0,13	0,18 $\pm$ 0,41	16,0 $\pm$ 8,8

As condições reinantes nos solos da área experimental de campo, quanto ao grau de saturação em  $\text{Al}^{3+}$  (*sensu* Sanchez 1976), entre 73 a 83% até 40 cm de profundidade, favorecem a dominância dos iões  $\text{Al}^{3+}$  na solução do solo e em concentrações que terão marcada influência na redução no crescimento das plantas e na respectiva produtividade; a esse efeito deve associar-se a baixa concentração de bases de troca, nomeadamente  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$ .



## 2.3.2 – Sistema experimental em vasos

### 2.3.2.1 - Delineamento experimental

No ensaio em vasos consideram-se os seguintes tratamentos:

**TE - Testemunha:** 10 kg de solo seco a 105 °C por vaso (vasos com drenagem) sem aplicação de resíduos orgânicos, de fertilizantes ou de dolomite;

**DL - Calagem (calcário dolomítico):** 10 kg de solo seco a 105 °C por vaso + 25 g de calcário dolomítico (20,09% de Ca, 13,68% de Mg e um potencial de neutralização de 100%).

**RS - Resíduos orgânicos (resíduos de milho, feijão e soja):** 10 kg de solo seco a 105 °C por vaso + 30 g de resíduos orgânicos (peso seco a 80 °C).

**FE1 - Fertilizante:** 10 kg de solo seco a 105 °C por vaso e 0,875 g de fertilizante 12-24-12 (FoskaSuper, Interadubo, Vársea, Santarém).

**FE2 - Fertilizante:** 10 kg de solo seco a 105 °C por + 1,75 g de fertilizante 12-24-12 (FoskaSuper, Interadubo, Vársea, Santarém).

**DLFE - Calagem + fertilizante:** 10 kg de solo seco a 105 °C por vaso + 25 g de calcário dolomítico + 1,75 g de fertilizante 12-24-12 (FoskaSuper).

**DLRS - Calagem + resíduos orgânicos:** 10 kg de solo seco a 105 °C por vaso + 25 g de calcário dolomítico + 30 g de resíduos orgânicos (peso seco a 80 °C).

**DLRSFE - Calagem + fertilizantes + resíduos orgânica:** 10 kg de solo seco a 105 °C por vaso + 25 g de calcário dolomítico + 30 g de resíduos orgânicos (peso seco a 80 °C) + 1,75 g de fertilizante 12-24-12 (FoskaSuper).

Cada tratamento foi objecto de dez repetições, considerando-se um grupo de cinco repetições com cobertura de ureia (1 g) e outro sem essa cobertura. Os sacos de polietileno empregados tinham uma altura de 30 cm, um raio de 10 cm e uma área de 314 cm<sup>2</sup>.

Os sacos de polietileno tinham a altura suficiente para, após a adição dos resíduos orgânicos, o nível do solo ficar um pouco abaixo do respectivo bordo. O aspecto geral dos vasos encontra-se ilustrado na Figura 3.



**Figura 3** – Aspecto geral do ensaio em vasos em Setembro de 2010.

O solo utilizado correspondeu àquele colhido na proximidade dos diversos blocos do ensaio de campo até 20 cm de profundidade, antes da instalação dos tratamentos no mesmo. Os valores médios resultantes da análise de seis amostras do solo utilizado nos vasos indicaram para o pH em  $H_2O$ , KCl 1M e  $CaCl_2$  0.01M valores de 5,2, 4,0 e 4,1, respectivamente; os teores de carbono orgânico e de azoto (N) eram  $12,3$  e  $0,7$   $g\ kg^{-1}$ , respectivamente; os teores de bases extraíveis  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Na^+$  e  $K^+$  eram  $0,15$ ,  $0,04$ ,  $0,11$  e  $0,08$   $cmol_c\ kg^{-1}$ , respectivamente, enquanto o da soma de bases atingia  $0,38$   $cmol_c\ kg^{-1}$ ; o teor de  $Al^{3+}$  de troca era de  $1,04$   $cmol_c\ kg^{-1}$ . Os teores de P e de K extraíveis (teste de Egnér-Riehm) foram  $5,09$  e  $35,3$   $mg\ kg^{-1}$ , respectivamente; o teor de P pelo teste de Olsen foi  $4,37$   $mg\ kg^{-1}$ .

Para determinar a quantidade de calcário dolomítico previsto para neutralizar acidez do solo e elevar os teores de  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$  teve-se em consideração os resultados médios de  $Al^{3+}$  extraível no horizonte superficial de alguns *Solos Ferralíticos* obtidos em estudo anterior (Neto, 2006), devido ao facto das amostras colhidas para o estudo só poderem ser analisadas muito posteriormente no Laboratório de Solos do Instituto Superior de Agronomia; de facto, naquela altura o laboratório de solos de Instituto de Investigação de Angola (IIA), na Chianga, não dispunha de rotinas funcionais,

reagentes e tão pouco de equipamentos para tal efeito. Nestas circunstâncias optou-se, então, por considerar uma concentração de  $\text{Al}^{3+}$  de troca de  $2 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ , valor frequentemente encontrado em unidades de solos semelhantes àquelas que ocorrem na Chianga.

Os resíduos orgânicos aplicados (30 g) eram constituídos em igual fracção (10 g) por resíduos de carolo de milho, de feijão congo sem vagem e de soja sem vagem, apresentando concentrações de N, P, Ca, Mg e K de 13,04, 3,12, 11,34, 3,95 e 7,63  $\text{mg g}^{-1}$ , respectivamente (Quadro 3). Assim, em cada vaso em que foram aplicados esses resíduos introduziram-se 391,2, 93,6, 340,2, 118,5 e 228,9 mg de N, P, Ca, Mg e K, respectivamente.

**Quadro 3** – Concentração ( $\text{mg g}^{-1}$ ) de nutrientes nos componentes dos resíduos orgânicos utilizados no sistema experimental em vasos e de campo: FC- feijão congo (apenas as folhas); CM - carolo de milho; SJ – soja (sem vagem).

Resíduos	N	P	Ca	Mg	K	Mn
FC	17,11	1,11	6,24	2,39	3,26	0,85
CM	7,40	1,65	11,80	2,97	5,14	0,07
SJ	14,62	6,61	16,00	5,48	14,51	0,03

As quantidades de N, P, Ca, Mg e K aplicadas em cada vaso de cada tratamento estão indicadas no Quadro 4.

A dose de N aplicada nos vasos dos tratamentos TE e DL (0,46 g) correspondeu apenas à adubação de cobertura; a dose nos outros tratamentos foi mais elevada, nomeadamente no tratamento DLRSFE, devido à combinação das quantidades resultantes da aplicação de resíduos orgânicos e de fertilizante de fundo. A quantidade de P aplicada nos vasos dos tratamentos TE e DL foi nula e a mais elevada (0,27 g) foi também aplicada no tratamento DLRSFE. Naturalmente, as quantidades de Ca e de Mg aplicadas nos tratamentos com calcário dolomítico foi muito superior à aplicada nos restantes. A quantidade de K aplicada nos tratamentos TE e DL também foi nula e a máxima (0,40 g) foi aplicada no tratamento DLRSFE.

**Quadro 4** - Quantidade (g/vaso) de N, P, Ca, Mg e K aplicada em cada tratamento do ensaio em vasos no caso em que se aplicou cobertura azotada

Trat	N	P	Ca	Mg	K
TE	0,460	-	-	-	-
FE1	0,565	0,09	0,04	-	0,09
FE2	0,670	0,18	0,07	-	0,17
RS	0,850	0,09	0,34	0,12	0,23
DL	0,460	-	5,02	3,42	-
DLFE2	0,670	0,18	5,09	3,42	0,17
DLRS	0,850	0,09	5,36	3,54	0,23
DLRSFE2	1,520	0,27	5,43	3,54	0,40

As quantidades de N no caso dos tratamentos sem cobertura deve ser deduzido o valor de 0.46 g de N correspondendo à adubação de cobertura.

A dose de 0,875 g de fertilizante por vaso correspondeu a 0,21 g  $P_2O_5$  ou cerca de 0,095 g de P (correspondente a 9,5 mg P  $kg^{-1}$  de solo). A dose de fertilizante de 1,75 g por vaso correspondeu a cerca de 0,42 g de  $P_2O_5$  ou cerca de 0,18 g de P (isto é, correspondeu a 18 mg P  $kg^{-1}$  de solo).

Dada a textura argilosa do solo utilizado (Quadro 1), presumiu-se que a porosidade total do solo era de 55% (massa volúmica do solo de 1 g  $cm^{-3}$ ) e que 50% desta corresponde a microporosidade (0,275  $dm^3 dm^{-3}$ ). Estes valores foram tidos em conta para o cálculo da quantidade de água a aplicar em cada vaso.

### 2.3.2.2 - Instalação do ensaio

Nos dias 7 de Setembro de 2010, no primeiro ano de ensaio, e 7 de Setembro de 2011 no segundo ano de ensaio, com apoio de tractor com basculante, transportou-se o solo do campo para utilizar no ensaio em vasos. O solo foi sujeito a secagem ao ar durante 4 dias e crivado com um crivo de 2 mm. Com o objectivo da uniformização do peso das amostras do solo a utilizar usou-se uma balança de prato para a pesagem dos 10 kg de solo (peso seco a 105°C) para os 80 vasos usados (sacos de polietilenos), nos

quais foram feitos furos laterais e na base para a drenagem do eventual excesso de água. O aspecto geral do ensaio e dos sacos é mostrado na Figura 3.

Para determinar o peso dos resíduos orgânicos, dos fertilizantes e do calcário dolomítico a utilizar recorreu-se a uma balança de precisão tendo em conta a quantidade usada para a inclusão nos respectivos vasos. Depois homogeneizou-se cuidadosamente a quantidade destes materiais com o solo a introduzir em cada vaso, guardando-se em saco, esperando a data de sementeira. Depois de cumprir os requisitos correspondentes a cada tratamento, a sementeira do milho concretizou-se nos dias 27 de Setembro de 2010, no primeiro ano de ensaio, e 16 de Novembro 2011 no segundo ano de ensaio, tendo-se colocado em cada vaso duas sementes para garantir o êxito da sementeira. A germinação ocorreu 7 dias após a sementeira, sendo da ordem de 100%.

No primeiro ano (em 16 de Novembro de 2010) e no segundo ano (em 10 de Dezembro de 2011), quando as plantas atingiram 25 a 30 cm de altura, retirou-se uma das plantas (em geral a que apresentava menor vigor). Simultaneamente aplicou-se a adubação de cobertura (1 g de ureia) em cinco dos dez vasos de cada tratamento.

### **2.3.2.3- Medições**

No primeiro ano de ensaio em vasos (em 2010/2011) não foram feitas medições nas plantas, porque foram feitas medições de biomassa.

No segundo ano de ensaio (2011/2012), procedeu-se à medição das plantas do milho de todos os vasos de cada tratamento em diferentes fases do ciclo vegetativo (antes do embandeiramento, no início do embandeiramento e no final do embandeiramento). Mediu-se a altura das plantas, o comprimento e a largura das folhas na proximidade da inserção da bainha da mesma com o colmo, para examinar o crescimento ao longo do desenvolvimento. As medições das folhas coincidiram com aquelas totalmente expandidas.

Antes do embandeiramento as medições anteriores foram efectuadas 18, 28 e 53 dias após a sementeira, dispondo as plantas naqueles momentos

de 4, 8 e 12 folhas, respectivamente. O início do embandeiramento ocorreu 79 dias após a sementeira, na altura em que as plantas apresentavam 14 folhas; o final do embandeiramento sucedeu aos 88 dias após a sementeira, quando as plantas tinham 16 folhas. As medições tiveram lugar nos dias de 16 de Novembro e 23 de Dezembro de 2011; 1 de Janeiro, 4 e 13 de Fevereiro de 2012, de acordo com o respectivo ciclo vegetativo. Objectivando-se como é óbvio, estimar o crescimento das plantas ao longo do período vegetativo.

#### **2.3.2.4 - Amostragem das plantas e do solo**

No primeiro ano (em 2011) as plantas de milho de cada vaso foram cortadas 154 dias após a sementeira; no segundo ano (2012) foram cortadas 88 dias após a sementeira.

A amostragem residiu na remoção da parte aérea das plantas e o posterior corte em fracções pequenas para permitir a mistura e a homogeneização do material; este processo foi efectuado com uma tesoura de poda. O material de cada vaso foi em seguida colocado em sacos de plástico devidamente identificados. Pesou-se cada saco para determinar o material húmido. No primeiro ano de ensaio (2010/2011), embora se tenham removido as plantas de cada vaso de cada tratamento, por lapso do auxiliar na condução dos ensaios (associado às restrições de energia), as plantas dos vasos de cada tratamento foram misturadas, inviabilizando a obtenção do peso das plantas de cada vaso. No ensaio de 2011/12 esse lapso foi acautelado e os pesos individuais das plantas de cada vaso foram obtidos.

Os materiais foram secos numa estufa à temperatura de (80°C) até peso constante e pesados para determinação da perda da água para obter o peso seco do material de cada tratamento (2010/2011) ou de cada planta (2011/2012).

A humidade foi determinada pela seguinte expressão:

$[(B-A)-(C-A)]/(B-A)*100\%$ , onde

A = Tara; B = Tara +Amostra húmida; C = Tara +amostra seca; (B-A) = amostra húmida; (C-A) = Amostra seca.

Depois da secagem do material retiraram-se cerca de 20 g do material seco correspondente a cada tratamento (2010/2011) e de 10 g do material correspondente a cada planta (2011/2012), os quais foram moídas num moinho de martelos com malha de 1 mm para determinação da concentração de nutrientes.

Para efeitos de avaliação do efeito dos tratamentos nas características do solo, removeu-se a totalidade do solo de cada um dos vasos de polietileno, secou-se ao ar, crivou-se por um crivo de 2 mm. O solo seco foi guardado em sacos devidamente identificados.

## **2.3.3 - Sistema experimental de campo**

### **2.3.3.1- Delineamento experimental**

A área do ensaio de campo estava localizada a uma altitude de 1675 a 1678 m (12°44,018'-12°44,48' e 12°44,041' de latitude Sul e 15°49,047'-15°49,082' de longitude Este). O ensaio foi efectuado em parcelas com uma área de 4 m<sup>2</sup>.

No ensaio de campo consideraram-se os seguintes tratamentos:

**TE - Testemunha:** não ocorreu aplicação de fertilizantes, de correctivo calcário ou de resíduos orgânicos.

**DL - Calagem (calcário dolomítico):** aplicação 2 kgde calcário dolomítico (20,09% de Ca, 13,68% de e de Mg e um potencial de neutralização de 100%) por parcela.

**RS - Resíduos orgânicos (milho, feijão e soja):** aplicação de 2,4 kgde resíduos orgânicos por parcela (peso seco a 80 °C); colheram-se subamostras desses resíduos para efectuar a respectiva análise: carbono, azoto, P, Ca, Mg, K).

**FE - Fertilizante:** aplicação de 140 g de fertilizante 12-24-12 (FoskaSuper) por parcela.

**DLFE - Calagem + fertilizante:** aplicação de 2 kg de calcário dolomítico e de 140 g de fertilizante 12-24-12 (FoskaSuper) por parcela.

**DLRS - Calagem + resíduos orgânicos:** aplicação de 2 kg de calcário dolomítico e de 2,4 kg de resíduos orgânicos (peso seco a 80°C) por parcela.

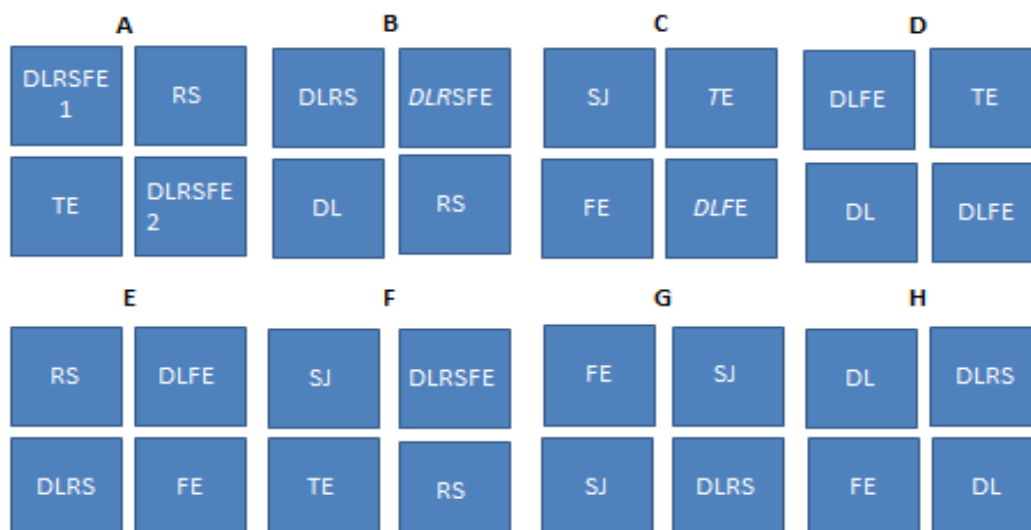
**DLRSFE - Calagem + fertilizantes + resíduos orgânicos:** aplicação de 2 kg de calcário dolomítico, de 2,4 kg de resíduos orgânicos (peso seco a 80°C) e de 140 g de fertilizante 12-24-12 (FoskaSuper) por parcela.

**SJ – Resíduos de soja (apenas em 2011/2012):** no ano de 2010/2011 a cultura de soja que deveria ser utilizada como resíduo para a cultura do milho do ano seguinte foi devastada pelos roedores. Por isso, recorreu-se a resíduos (sem vagens) de soja cultivada em áreas experimentais da Chianga. Aplicou-se então, em 2011/2012, 2,4 kg de resíduos de soja (peso seco a 80°C) em cada parcela, presumindo que a produção da mesma atingisse 6 t/ha.

A concentração de N, P, Ca, Mg e K nos resíduos orgânicos aplicados nos tratamentos RS, DLRS e DLRSFE, constituídos por a igual proporção de resíduos de soja, de resíduos de milho e de resíduos de feijão congo, era 13,04, 3,12, 11,34, 3,95 e 7,63 mg g<sup>-1</sup>, respectivamente (Quadro 3); assim, em cada parcela desses tratamentos aplicaram-se cerca de 31,3, 7,5, 27,2, 9,5 e 18,3 g de N, P, Ca, Mg e K, respectivamente. Por sua vez, a concentração desses nutrientes nos resíduos de soja era pela mesma ordem 14,62, 6,61, 16,00, 5,48 e 14,51 mg g<sup>-1</sup> (Quadro 3), correspondendo a quantidade aplicada em cada parcela do tratamento SJ a 35,09, 15,86, 38,40, 13,15 e 34,71 g, respectivamente.

A distribuição dos tratamentos nas parcelas de ensaio de campo foi estabelecida aleatoriamente, tal como está indicado na Figura 4, tendo cada tratamento sido objecto de quatro repetições.





**Figura 4** – Esquema da distribuição dos tratamentos aleatoriamente pelas parcelas delimitadas no ensaio de campo.

A implantação do presente sistema experimental visou (oito áreas de 5\*5 m) num total de 32 parcelas com uma área útil de 2\*2 m; em cada parcela consideraram-se cinco linhas de plantas e nove plantas em cada linha; isto é, uma distância entre linhas de 0,50 m e uma distância entre as plantas na linha de 0,25 m. Cada um dos tratamentos foi objecto de quatro repetições, sendo a respectiva distribuição completamente causalizadas (Figura 4). Utilizou-se a cultivar de milho SAM3, variedade de polinização livre e ciclo longo.

No Quadro 5 indicam-se as doses ( $\text{g m}^{-2}$ ) de N, P, Ca, Mg e K aplicadas em cada uma das parcelas de cada tratamento. A dose de N aplicada nas parcelas dos tratamentos TE e DL (3,45 g) correspondeu apenas à fertilização de cobertura (ureia); assim, a dose aplicada nos restantes tratamentos foi mais elevada, sobretudo nos tratamentos RS e DLRS (11,27 g), SJ (12,22 g) e DLRSFE (18,92 g), devido à aplicação de fertilizante de fundo e de resíduos orgânicos. A dose de P aplicada nos tratamentos TE e DL também foi nula e a mais elevada (5,57 g) foi aplicada no tratamento DLRSFE. Obviamente, as quantidades de Ca e de Mg aplicadas nos tratamentos com calcário dolomítico foi muito mais elevada do que a utilizada nos tratamentos FE, RS e SJ. A quantidade de K aplicada nas parcelas dos tratamentos TE e DL foi nula, enquanto a aplicada através de resíduos orgânicos de soja (8,71 g) foi superior à aplicada através de fertilizante (3,50 g) ou da mistura de resíduos (RS, 4,57 g).

Em qualquer dos anos de ensaio de campo aplicaram-se, como fertilização de cobertura, 30 g de ureia (46% de N) em cada parcela, correspondendo a cerca de 3,45 g N m<sup>-2</sup>.

**Quadro 5** - Dose (g m<sup>-2</sup>) de N, P, Ca, Mg e K aplicada nas parcelas dos diferentes tratamentos do ensaio de campo\*

Trat	N	P	Ca	Mg	K
TE	3,45	-	-	-	-
FE	7,65	3,70	1,50	-	3,50
RS	11,27	1,87	6,80	2,75	4,57
DL	3,45	-	100,45	68,40	-
DLFE	7,65	3,70	101,95	68,40	3,50
DLRS	11,27	1,87	107,25	71,15	4,57
SJ	12,22	3,96	9,60	3,29	8,71
<b>DLRSFE</b>	<b>15,47</b>	5,57	108,75	71,15	8,07

\*As quantidades de azoto indicadas para cada tratamento incluem 3,45 g N m<sup>-2</sup> aplicado como adubação de cobertura.

Nas parcelas dos tratamentos referidos no ano de 2010/2011, a dose de calcário dolomítico aplicado (tratamentos DL, DLFE, DLRS e DLRSFE) por parcela (2 kg) correspondeu a uma aplicação de 5000 kg/ha; o mesmo apresentava um teor de Ca de 20,09% e de Mg de 13,68% e um potencial de neutralização de 100%. A essa dose de calcário dolomítico correspondeu uma aplicação de cerca de 1004,5 kg/ha de Ca e cerca de 684 kg/ha de Mg. Sendo assim, considerando a solubilidade total do calcário dolomítico e uma espessura de solo de 20 cm e uma massa volúmica de 1,1 g cm<sup>-3</sup>, a aplicação de calcário dolomítico correspondeu a uma concentração de 2,28 cmol<sub>c</sub> de Ca kg<sup>-1</sup> solo e de 2,84 cmol<sub>c</sub> de Mg kg<sup>-1</sup> solo, respectivamente.

A distribuição granulométrica do calcário dolomítico correspondia às seguintes classes: > 2 mm (0,5%), 2-0,5 mm (31,08%), 0,5-0,28 mm (22,01%) e <0,28 mm (46,41%), respectivamente.

Os resíduos orgânicos (carolo de milho, feijão congo e soja) usados nos sistemas experimentais foram colhidos em Maio de 2010, em quantidade suficiente para garantir a sua utilização nos ensaios previstos nas duas épocas de crescimento seguintes. Estes resíduos foram acondicionados

separadamente em sacos de ráfia e secos ao ar e armazenados à sombra e à temperatura ambiente. Antes da sua utilização de acordo com os objectivos preconizados com apoio de uma tesoura de poda cortou-se os resíduos de feijão congo e de soja em fracções pequenas, enquanto os de carolo de milho foram triturados num almofariz; de cada um dos materiais tirou-se uma porção aproximadamente de 500 g, a qual foi seca na estufa a 45 C durante 72 horas e seguidamente moída num moinho de martelos de 1 mm para o respectivo processamento analítico de acordo com a Metodologia Laboratorial em uso no Laboratório de Solos do Instituto Superior de Agronomia.

A dose de fertilizante de 140 g por parcela correspondeu a cerca de 33,6 g de  $P_2O_5$  ou cerca de 15,2 g de P. Esta dose de fertilizante correspondeu a  $3,80 \text{ g P m}^{-2}$ ; ou, seja,   aplicação de cerca de  $17,3 \text{ mg P kg}^{-1}$  solo, considerando uma espessura de 20 cm de solo e uma massa vol mica de  $1,1 \text{ g cm}^{-3}$  e uma distribui  ohomog nea em toda a espessura de solo.

### **2.3.3.2- Instalação do ensaio**

A mobilização do solo (lavoura contínua), a cerca de 20 cm de profundidade, efectuou-se em 5 Setembro de 2010 e foi feita com uma grade de discos (acoplada a um tractor), efectuando-se duas gradagens sucessivas. A seguir efectuou-se a delimitação das parcelas de acordo com o esquema geral da área experimental indicada na Figura 4. No ano seguinte, em Setembro de 2011, a mobilização do solo foi realizada com enxada, visando a manutenção das parcelas do ensaio do ano anterior.

No dia 20 de Setembro de 2010 (trinta dias antes da sementeira do primeiro ano de ensaio) foram aplicados a lanço 2 kg de calcário dolomítico, o qual foi incorporada no solo com auxílio de uma enxada. Esta aplicação foi efectuada com o objectivo de elevar o pH do solo e a concentração do Ca e do Mg no complexo de troca do solo, contribuindo assim para o eventual acréscimo da disponibilidade de P e o crescimento e desenvolvimento das plantas reduzindo as restrições nutricionais

No âmbito das operações de instalação do ensaio, também 30 dias antes da sementeira, aplicaram-se os resíduos orgânicos como acima descrito.

As sementeiras foram feitas manualmente, nos dias 25 de Setembro de 2010, no primeiro ano de ensaio, e 31 de Outubro de 2011 no segundo ano, depositando-se duas sementes em cada covacho.

Exceptuando o tratamento com resíduos de soja, em todos os outros tratamentos foi aplicada uma adubação de cobertura (80 g de ureia por parcela).

No primeiro ano de ensaio efectuou-se a adubação de cobertura e a amontoa quando as plantas tinham 25 a 30 cm de altura e o desbaste (eliminando a planta com menor vitalidade) em 11 de Novembro de 2010. No segundo ano fizeram-se as mesmas operações e também o tratamento contra a broca do milho no dia 10 de Dezembro de 2012; o tratamento contra a broca consistiu numa pulverização com Dipterex SP80, insecticida em geral utilizado no controlo de brocas numa dose de 125g/50 litros de água; também no mesmo dia fez-se o desbaste do milho de modo a manter apenas uma planta por covacho.

No primeiro ano de ensaio as parcelas foram afectadas pela actividade dos roedores. Por isso, no ensaio do segundo ano para evitar o constrangimento da presença dos roedores a área envolvente das parcelas da área experimental foi também cultivada com milho.

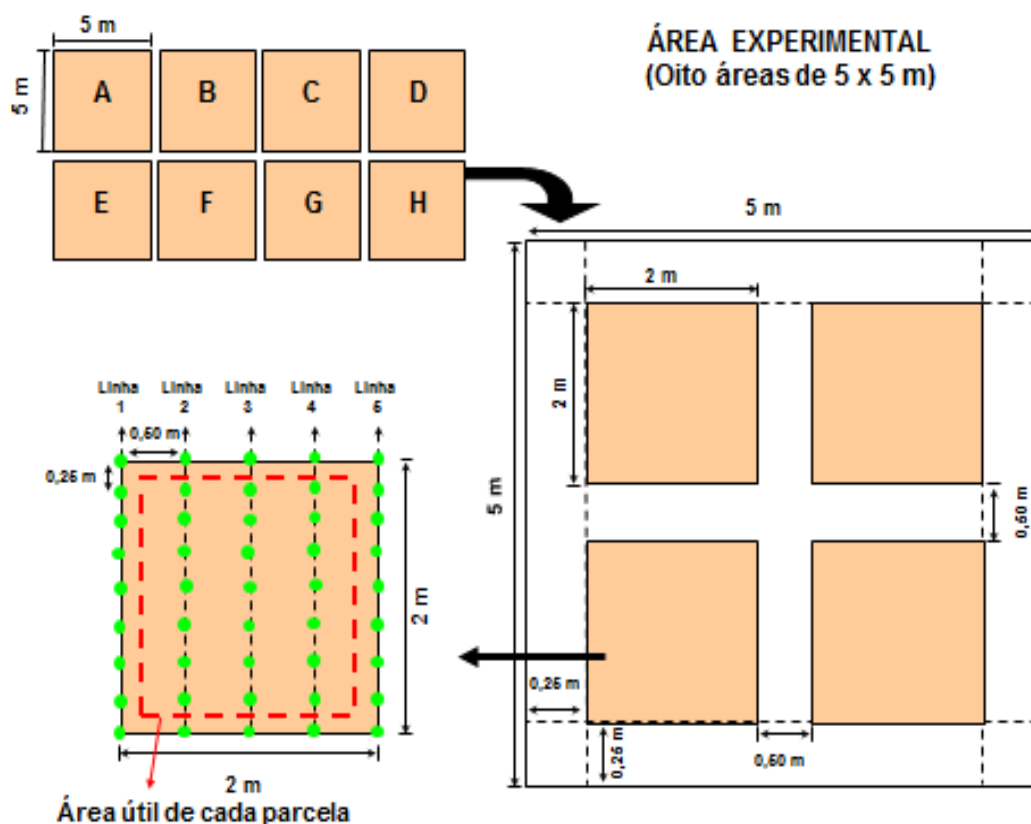
### **2.3.3.3 - Medições e amostragens**

No primeiro ano de ensaio de campo (em 2010/2011) não foram feitas medidas nas plantas, porque foram feitas medições de biomassa.

No segundo ano de ensaio (2011/2012), foram efectuadas medições nas plantas na linha exterior da área útil de cada parcela (Figura 5), sendo as plantas seleccionadas aleatoriamente. Em diversas fases do ciclo vegetativo avaliou-se a altura das plantas e o comprimento e a largura das folhas, determinando-se também as respectivas áreas foliares.

Na fase antes do embandeiramento as medições foram realizadas 21, 32 e 70 dias após a sementeira, coincidindo as plantas naqueles momentos de 4, 8 e 12 folhas. O início do embandeiramento aconteceu 78 dias após a sementeira (17 de Janeiro de 2012), na altura em que as plantas ostentavam

14 folhas. O final do embandeiramento ocorreu aos 109 dias após a sementeira (18 de Fevereiro de 2012), quando as plantas possuíam 16 folhas.



**Figura 5** - Esquema geral da área experimental de campo (sito na Chianga), de cada um dos blocos e de cada parcela; nesta está assinalada a localização das plantas de milho, bem como da área para medição do crescimento e da biomassa das mesmas.

A amostragem para a determinação da concentração de nutrientes nas folhas nas diferentes fases do crescimento da cultura foi praticada aos 70, 78 e 109 dias depois da sementeira; a amostragem incidiu na bordadura interior da área útil de cada da parcela e consistiu na colheita de cada terceira folha abaixo do ápice das plantas; para o efeito foram colhidas cinco folhas de cinco plantas de cada parcela escolhidas aleatoriamente.

As folhas colhidas em cada parcela foram colocadas em sacos previamente rotulados; as folhas foram devidamente fraccionadas em pedaços pequenos e secas imediatamente na estufa (45°C) para o processamento analítico. A metodologia analítica seguida está detalhada em Metodologia Laboratorial (3.4).

#### **2.3.3.4 - Amostragem das plantas para determinação da biomassa**

A colheita das plantas de milho para a determinação da biomassa no final do ensaio do primeiro ano foi efectuada no dia 28 de Março de 2011. A biomassa das plantas do milho foi avaliada a partir de todas as plantas de cada parcela e de cada tratamento. As plantas foram cortadas junto ao solo e organizadas segundo cada parcela de tratamento separadamente em sacos de plástico devidamente identificados e pesados (tara). Depois as plantas foram colocadas nos respectivos sacos que foram transportados para o laboratório. Apesar das plantas de cada parcela e de cada tratamento terem sido individualizadas no decurso da amostragem e do transporte para o laboratório, antes da pesagem, por lapso do operador, as plantas das parcelas de cada tratamento foram misturadas, obtendo assim uma única amostra e não permitindo o tratamento estatístico da produção dos diferentes tratamentos. Do material correspondente a cada tratamento retiraram-se aleatoriamente seis plantas para a determinação do respectivo peso húmido. Posteriormente as plantas foram cortadas em fracções pequenas, homogeneizou-se cuidadosamente e retirou-se uma porção material de aproximadamente de 2 kg, pesou-se e levou-se à estufa para determinação do teor de humidade (a 80°C). A humidade foi determinada pela metodologia seguida para o ensaio em vasos.

Do material das plantas (seco na estufa a 80°C) correspondentes a cada tratamento foram obtidos 100 g que foram moídos num moinho de martelos com malha de 1 mm para a posterior determinação da concentração de nutrientes.

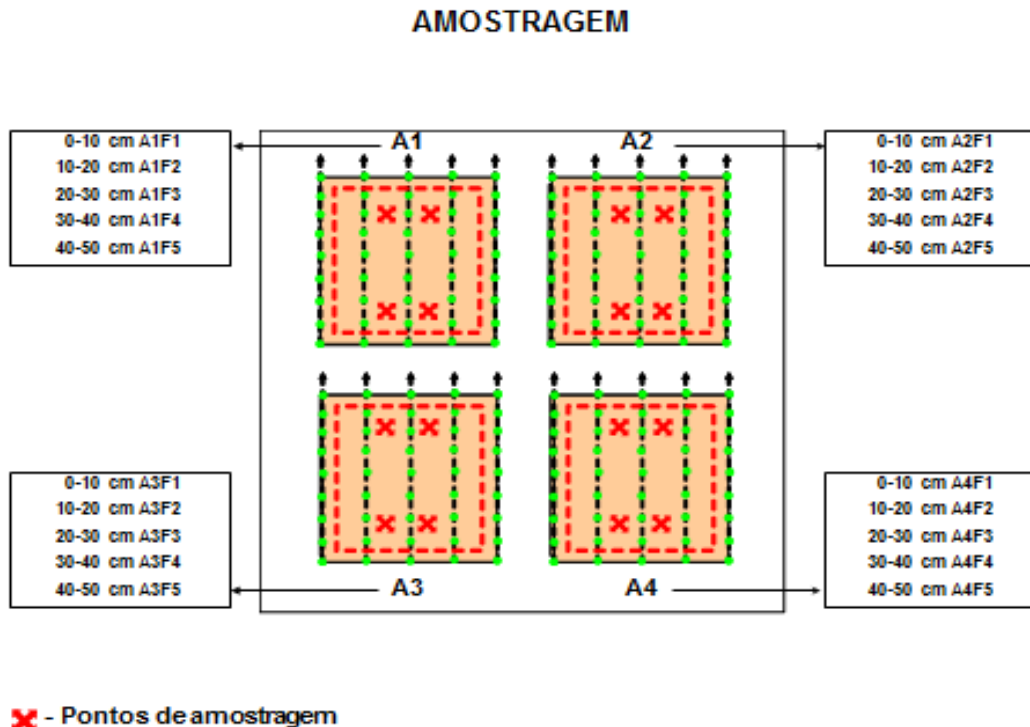
No segundo ano de ensaio a biomassa da vegetação das plantas do milho foi avaliada em 18 de Fevereiro de 2012. A biomassa das plantas do milho foi estimada a partir de todas as plantas de cada parcela e de cada tratamento. As plantas foram igualmente cortadas junto ao solo e organizadas segundo cada parcela de tratamento separadamente em sacos de plástico devidamente identificados e pesados (tara). Depois as plantas foram colocadas nos respectivos sacos e transportadas para o laboratório; pesou-se cada saco para a determinação do peso das plantas húmidas de cada parcela de cada tratamento. A seguir tiraram-se de cada saco 10 plantas de milho que

foram fraccionadas para permitir a homogeneização do material e retirou-se uma porção aproximadamente de 1 a 3 kg, a qual foi pesada e seca na estufa (a 80°C) para a determinação do teor de humidade. Depois seguiu-se o procedimento referido anteriormente para a determinação do peso seco (a 80°C) das plantas de cada parcela de cada tratamento.

Do material correspondente às plantas secas (a 80°C) de cada parcela de cada tratamento foram obtidos 100 g que foram moídos num moinho de martelos com malha de 1 mm para a ulterior determinação da concentração de nutrientes.

### 2.3.3.5 - Amostragem dos solos

A colheita das amostras para a caracterização do solo de cada parcela de cada tratamento no final do ensaio de cada ano foi feita nos locais de amostragem indicados na área para a medição das plantas da parcela, segundo o esquema da amostragem indicado na Figura 6.



**Figura 6** - Esquema e locais da amostragem do solo de cada parcela no final de cada período de ensaio; a linha a tracejado assinala os limites da área da parcela utilizada para a medição das plantas.

A amostragem no final do ensaio do primeiro ano teve lugar em Abril de 2011 na trinta e duas parcelas abrangendo apenas as profundidades de 0-10 e 10-20 cm; para o efeito utilizou-se uma sonda de copos com 8 cm de diâmetro e 15 cm de comprimento, com uma extremidade ligada a um tubo em T. No segundo ano de ensaio (em Março de 2012) foi utilizado o mesmo sistema de sondagem, considerando-se, então as camadas de 0-10, 10-20, 20-30, 30-40 e 40-50 cm (Figura 6).

Em cada parcela foram colhidas quatro amostras por cada nível de profundidade, as quais foram misturadas, originando uma amostra composta. Cada amostra composta foi colocada em sacos previamente identificados. Secou-se ao ar durante quatro dias, crivou-se por um crivo de 2 mm. Guardou-se o solo de cada saco devidamente identificado para o processamento analítico.

## **2.4.- METODOLOGIA LABORATORIAL**

### **2.4.1 - Materiais orgânicos**

A solubilização dos elementos minerais (K, Mg, Ca e P) obteve-se por digestão destes num digestor CEM Microwave Digestion System Model MDS-81 D (CEM Corporation, Mathews, N.C.). Para o efeito colocou-se 0,5 g de material orgânico em tubos LDV (Line Digestion Vessel), o qual foi posto em contacto com 10 mL de  $\text{HNO}_3$  concentrado a 65%. A solução resultante da digestão foi evaporada em copos de “Fourneau”, tendo o respectivo resíduo sido solubilizado em banho de areia, pela adição de 10 mL de  $\text{HCl}$  3M e filtrado para balões volumétricos de 250 mL. A partir da solução filtrada e por intermédio de espectrofotometria de absorção atómica (EAA) foram determinadas as concentrações de K, Mg e Ca. O P foi determinado por colometria, usando-se para o desenvolvimento da cor uma solução de molibdato de amónio, tartarato de potássio e antimónio e ácido sulfúrico. A quantificação foi efectuada num espectrofotómetro de U.V./visível, no comprimento de onda 882nm, segundo o método de Murphy & Riley (1962) adaptado por Watanabe & Olsen (1965).



O N da biomassa das plantas de milho e das folhas de milho foi determinado por intermédio de um sistema de destilação *Kjeltec<sup>TM</sup>8200 Auto Distillation Unit*, baseado no método Kjeldahl (Bremner & Mulvaney, 1982).

## 2.4.2. - Solos

Os valores de pH foram determinados com um potenciómetro Metrohm 632 em H<sub>2</sub>O, em KCl 1M e em CaCl<sub>2</sub> 0.01M, em suspensões com razão solo: solução de 1:2,5. As suspensões foram agitadas durante uma hora.

O carbono orgânico foi determinado por via húmida pelo teste descrito por De Leenheer & van Hoven (1958). O N foi determinado por intermédio de um sistema de destilação *Kjeltec<sup>TM</sup>8200 Auto Distillation Unit*, baseado no método kjeldahl (Bremner & Mulvaney, 1982) e a extracção do azoto por titulação.

Para determinar os parâmetros do complexo de troca dos solos em estudos recorreu-se ao método em uso no Laboratório de Solos do Instituto Superior de Agronomia (ISA), descritos por Póvoas & Barral (1992): o método de acetato de amónio ajustado a pH 7. As bases de troca foram doseadas por EAA num espectrofotómetro Perkin Elmer Analyst 300.

A acidez ( $\text{Al}^{3+} + \text{H}^+$ ) e o  $\text{Al}^{3+}$  de troca foram obtidos após por agitação de 10 g de solo em 100 mL de KCl 1 M durante uma hora em agitador rotativo, obtendo-se o extracto por centrifugação. No extracto titulou-se a acidez de troca com NaOH 0,1 M, levando o pH à neutralidade; o  $\text{Al}^{3+}$  foi determinado neste extracto (levado à neutralidade) por retro-titulação com HCl 0,1 M, após adição de uma solução de KF 1 M, usando como indicador a fenolftaleína. O  $\text{H}^+$  foi determinado pela diferença entre a acidez de troca e o  $\text{Al}^{3+}$  de troca (Rhoades, 1982). Nos casos pertinentes o  $\text{Al}^{3+}$  também foi doseado por EAA num espectrofotómetro Perkin Elmer Analyst 300, e o  $\text{H}^+$  por titulação.

O fósforo pelo teste de Olsen obteve-se a partir de 2,5 g de solo numa solução extractante de NaHCO<sub>3</sub> 0,5 M (pH aproximado de 8,5), após agitação durante uma hora em agitador rotativo e centrifugação, e determinou-se por espectrofotometria num comprimento de onda 882 nm.

O fósforo e potássio extraíveis pelo teste de Egnér-Riehm foram obtidos a partir de 2,5 g de solo numa solução extractante de lactato de amónio e

ácido láctico (pH 3,7-3,8) por agitação durante duas horas num agitador rotativo e centrifugação. O fósforo foi determinado por espectrofotometria num comprimento de onda 882 nm e o potássio por EAA num espectrofotómetro Perkin Elmer Analyst 300.

## 2.5 - MÉTODOS ESTATÍSTICOS

No ensaio em vasos utilizou-se o modelo de ajustamento de dois factores sem interacção pelo facto de haver uma única repetição, onde os factores são (vasos e tratamentos).

Na experimentação do campo usou-se o modelo ajustado a dois factores com interacção devido a repetição por quatro vezes nas diferentes parcelas, onde os factores foram (profundidade e tratamentos). Para o tratamento de dados utilizou-se os métodos estatísticos o programa *Microsoft Excel*, versão 7.0 e o programa na organização geral dos dados. Todos os dados foram submetidos a análise de variância seguindo o esquema das parcelas dos tratamentos. As matrizes de correlação ( $p < 0,05$ ) e as regressões entre as variáveis do complexo de troca, bem como as correlações entre o alumínio extraível e características do solo foram efectuadas com recurso ao *Package Statistica for Windows version 6.0*.



## **3 - RESULTADOS**



## 3.1 – ACIDEZ DE TROCA EM SOLOS FERRALÍTICOS

### 3.1.1 - Comparação de métodos

A concentração de Al extraível de alguns *Solos Ferralíticos* (*Solos Fracamente Ferrálicos*) da República de Angola, determinado tanto por espectrofotometria de absorção atômica como por titulação, assim como a quantidade de acidez total titulável e o de hidrogénio de troca, estão indicados no Quadro 6.

**Quadro 6** - Concentração de alumínio extraível pelo KCl 1 M ( $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ ) determinado por espectrofotometria de absorção atômica (EAA) e por titulação (TT) e quantidade de hidrogénio e de acidez de troca (ACT) obtida por titulação.

Pédone	Horiz	Prof cm	Al <sub>EAA</sub>	Acidez por titulação			Al <sub>EAA</sub> /Al <sub>TT</sub>
				Al <sub>TT</sub>	H	ACT	
				-----cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> -----			
Solos Fracamente Ferrálicos Amarelos							
230c/60	Ah1	0-5	1,05	0,50	0,46	0,96	2,10
	Ah2	5-14	1,50	0,64	0,82	1,46	2,34
	Ah3	14-34	1,47	0,76	0,80	1,56	1,93
	Ah4	34-60	1,34	1,28	0,13	1,41	1,05
	Bws1	60-83	1,33	1,28	0,17	1,45	1,04
Solos Fracamente Ferrálicos Alaranjados							
136/56	Ah	0-12	1,67	1,64	0,23	1,87	1,02
	AB	12-37	1,10	1,16	0,12	1,28	0,95
31/59	Bw1	5-38	2,31	2,22	0,04	2,26	1,04
	Bw2	38-70	2,23	2,24	0,07	2,31	1,00
	Bw3	70-110	2,31	2,21	0,22	2,43	1,05
24/63	Bw	27-51	1,03	1,82	0,00	1,62	0,56
	BC	51-65	1,21	1,38	0,28	1,66	0,88
	C	70-100	1,32	1,56	0,15	1,71	0,85
Solos Fracamente Ferrálicos Laranjas							
355/60	RC	111-145	0,60	0,97	0,00	0,97	0,62
	C	145-180	0,47	0,80	0,16	0,96	0,59
132/61	Ah1	0-10	0,48	0,72	0,00	0,66	0,66
	Ah2	10-24	0,42	0,66	0,07	0,73	0,64
35/65	Bw1	11-45	0,79	1,17	0,00	1,17	0,68

Comparando os dois métodos de determinação do alumínio extraível dos pédones em estudo, concluímos que os teores obtidos por espectrofotometria de absorção atômica ( $0,42\text{--}2,31 \text{ cmol}_c \text{kg}^{-1}$ ) não são

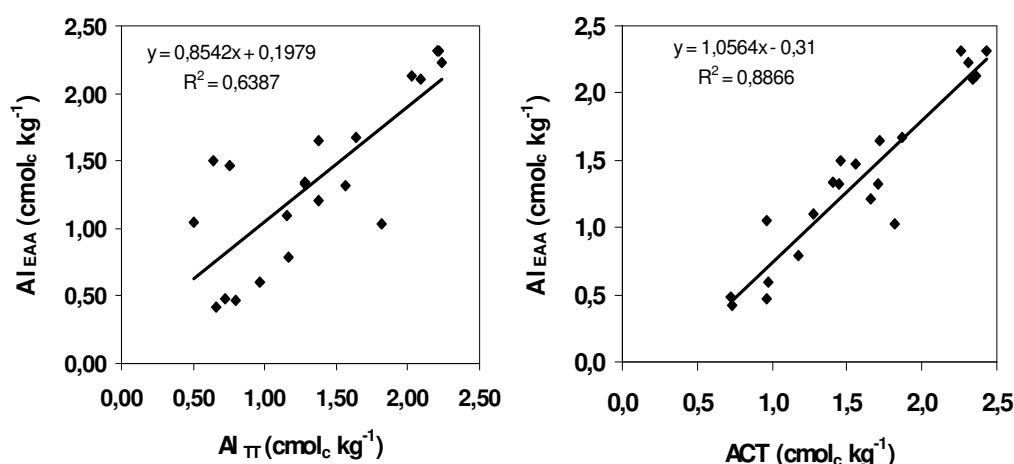
sistematicamente inferiores ou superiores aos obtidos por titulação ( $0,50\text{-}2,24\text{ cmol}_c\text{ kg}^{-1}$ ). Tal facto é observado pela razão entre as determinações mencionadas (Quadro 6). As diferenças entre os métodos deverão radicar em diferentes formas iónicas de alumínio extraídas.

A acidez total titulável dos pédones em questão (Quadro 6) apresenta teor de acidez ligeiramente mais elevada ( $0,66\text{-}2,43\text{ cmol}_c\text{ kg}^{-1}$ ) do que a acidez correspondente ao alumínio extraível determinada tanto pela espectrofotometria de absorção atómica como por titulação.

A baixa acidez titulável verificada nos horizontes Ah1 a Ah3 ( $0,50$  e  $0,76\text{ cmol}_c\text{ kg}^{-1}$ ) (Quadro 6) pode ser explicada provavelmente pelos baixos teores de matéria orgânica verificada nos respectivos horizontes.

Quanto ao hidrogénio de troca (Quadro 6) observamos que a quantidade obtida nos pédones seleccionados varia desde valores nulos até valores da ordem de  $0,82\text{ cmol}_c\text{ kg}^{-1}$ , sendo sempre bastante inferiores à quantidade de alumínio extraível obtida por qualquer dos métodos.

Na Figura 7 apresentam-se as relações entre o alumínio extraível determinado por espectrometria de absorção atómica e o determinado por titulação, bem como entre o alumínio determinado por espectrofotometria de absorção atómica e a acidez total titulável.



**Figura 7** - Relação entre o alumínio extraível determinado por espectrofotometria de absorção atómica ( $Al_{EAA}$ ) e por titulação ( $Al_{TT}$ ), e relação entre o alumínio determinado por espectrofotometria de absorção atómica ( $Al_{EAA}$ ) e a acidez total titulável (ACT).

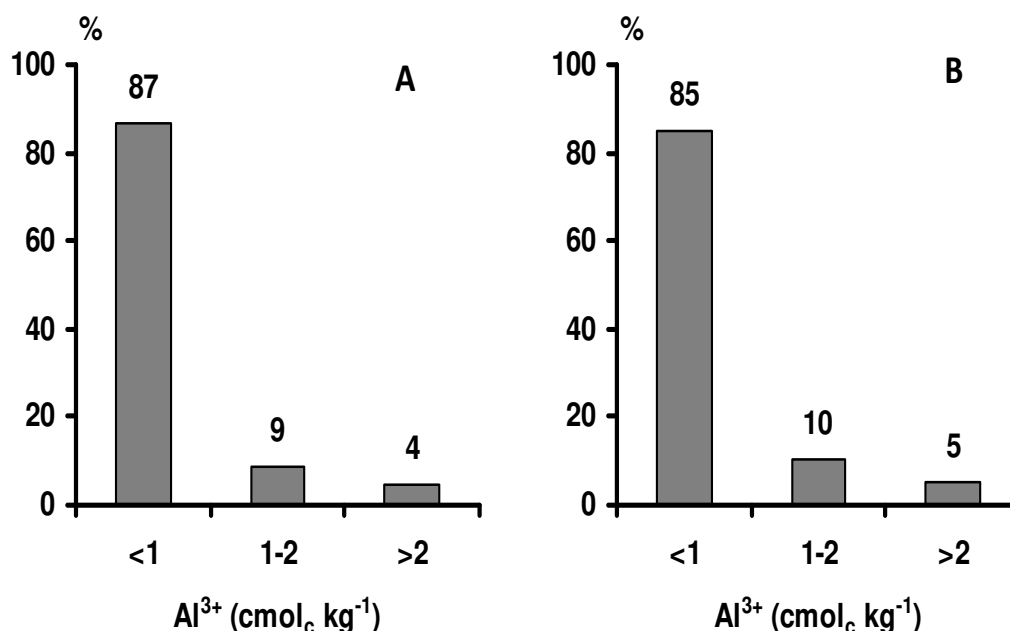
Observa-se, por um lado, que o alumínio extraível determinado por espectrofotometria de absorção atómica e por titulação estão correlacionados

positivamente ( $r = 0,7210$ ;  $p < 0,001$ ), mostrando que o alumínio extraível determinado pelos dois métodos se aproxima de uma relação 1:1. Por outro lado, também se verificou que o Al por espectrofotometria de absorção atômica e a acidez extraível titulável apresentam uma correlação mais forte ( $r = 0,8812$ ;  $p < 0,001$ ) do que no caso anterior. Assim, poderemos considerar que o teor de alumínio extraível obtido pelo método considerado padrão para o conjunto dos *Solos Fracamente Ferrálicos* estudados está em estreita relação com teor obtido por titulação.

### 3.1.2 – Alumínio extraível

#### 3.1.2.1 - O alumínio extraível e os horizontes do solo

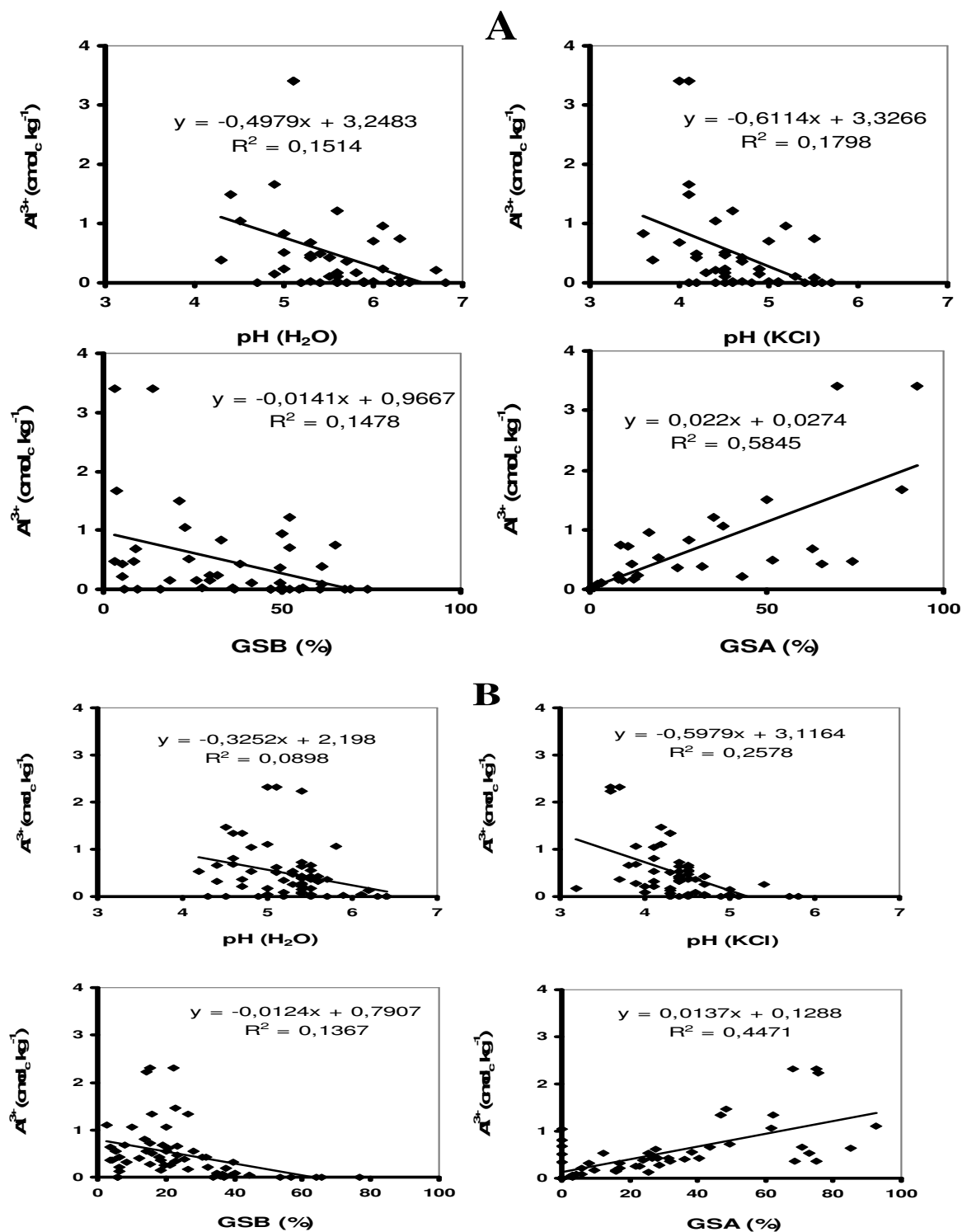
Nas Figuras 8-12 mostram-se as relações entre a concentração de alumínio de troca e os valores de pH em água e em KCl 1M, os graus de saturação em bases e os graus de saturação em alumínio dos solos estudados dos horizontes superficiais e subsequentes, os níveis de significância (Quadro 7), as classes do grau de saturação em alumínio e as classes de concentração de alumínio.



**Figura 8** – Classes da concentração de alumínio extraível ( $Al^{3+}$ ) nos horizontes superficiais (A) e subsuperficiais (B) dos *Solos Fracamente Ferrálicos* estudados.



Os horizontes superficiais dos *Solos Fracamente Ferrálicos* (Figura 8) apresentaram 87% dos valores da concentração de alumínio inferiores a 1  $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ ; 9% estavam compreendidos entre 1 e 2  $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ ; apenas 4% apresentavam valores superiores a 2  $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ .

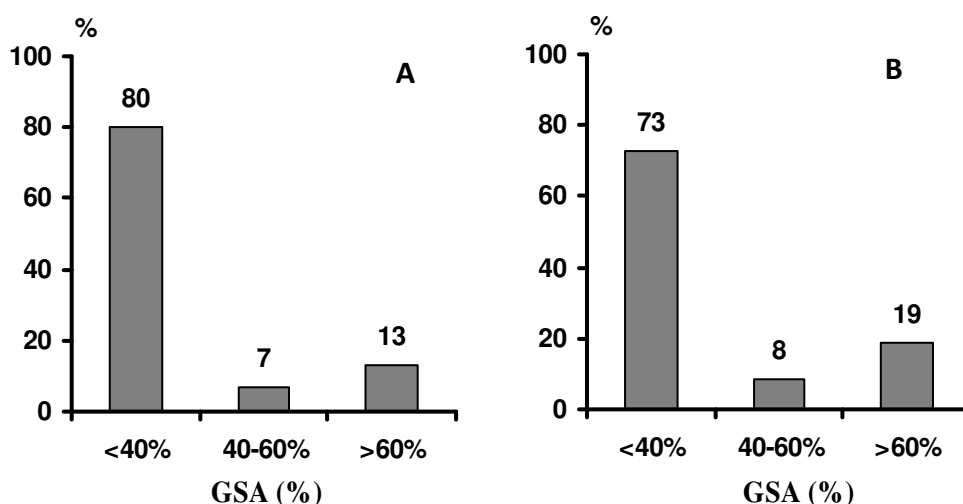


**Figura 9-** Correlações entre o teor de  $\text{Al}^{3+}$  de troca e os valores de pH ( $\text{H}_2\text{O}$  e KCl 1 M), do grau em saturação em bases (GSB) e do grau de saturação em alumínio [GSA] =  $(\text{Al}/(\text{Al}+\text{SB}))$  nos horizontes superficiais (A) e subsuperficiais (B) dos *Solos Fracamente Ferrálicos* estudados.

Os teores de alumínio extraível (Figura 8) correlacionaram-se negativamente com os valores do pH em H<sub>2</sub>O ( $r = -0,389063$ ;  $p < 0,01$ ), do pH em KCl ( $r = -0,423993$ ;  $p < 0,01$ ) e do grau de saturação em bases ( $r = -0,384499$ ;  $p < 0,01$ ); pelo contrário esses teores correlacionaram positivamente com o grau de saturação em alumínio GSA ( $r = 0,764557$ ;  $p < 0,01$ ).

Nos horizontes subsuperficiais a concentração em alumínio extraível foi da ordem de grandeza da determinada nos horizontes superficiais. Sendo assim, em 85% dos casos o teor de alumínio extraível era inferior a  $1 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ; 10% entre 1 e  $2 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  e apenas 5% superior a  $2 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  (Figura 8). Estes teores também se correlacionaram negativamente com os valores de pH em água (Figura 8) em KCl ( $r = -0,299668$ ;  $p < 0,05$ ) e em KCl ( $r = -0,507784$ ;  $p < 0,001$ ), bem como o grau de saturação em bases ( $r = -0,369754$ ;  $p < 0,01$ ); naturalmente, também se correlacionaram positivamente com o grau de saturação em alumínio ( $r = 0,668684$ ;  $p < 0,001$ ).

A distribuição das classes de frequência do grau de saturação em alumínio nos horizontes superficiais dos solos em estudo (Figura 10) mostrou que em 80% dos casos apresentaram valores inferiores a 40%; 7% ficaram no intervalo entre 40 e 60%; enquanto apenas 13% exibiram valores superiores a 60%.



**Figura 10** – Classes do grau de saturação em alumínio [GSA) =  $(Al / (Al + SB))$ ] nos horizontes superficiais (A) e horizontes subsuperficiais (B) dos Solos Fracamente Ferrálicos estudados.

O padrão observado nos horizontes subsuperficiais (Figura 10) foi semelhante ao referido para os horizontes superficiais; com efeito, nos

horizontes subsuperficiais, a grande maioria das amostras (73%) apresentou valores do grau de saturação em alumínio inferiores a 40%; 8% estavam compreendidos entre 40 e 60% e somente 19% destes valores ostentaram percentagens elevadas superiores a 60%.

Verificou-se uma grande variação entre as diferentes subordens dos solos estudados. De facto, nos horizontes superficiais dos *Solos Fracamente Ferrálicos Amarelos* (Quadro 7; Anexo 1.1) observaram-se correlações negativas entre a concentração de alumínio de troca e os valores pH em H<sub>2</sub>O ( $r = -0,789614$ ;  $p < 0,01$ ), o grau de saturação em bases ( $r = -0,85978$ ;  $p < 0,01$ ) e o grau de saturação em alumínio ( $r = 0,93044$ ;  $p < 0,001$ ) mais fortes do que para o conjunto dos solos; no entanto, não se observam correlações significativas com valores de pH em KCl ( $p > 0,05$ ).

**Quadro 7** – Correlações entre a concentração de alumínio de troca e os valores de pH em H<sub>2</sub>O em KCl e os graus de saturação em alumínio e o grau de saturação em bases nos horizontes superficiais e subsuperficiais nos diferentes tipos de *Solos Fracamente Ferrálicos* estudados.

Solos	pH (H <sub>2</sub> O)	pH (KCl) 1M	GSB (%)	GSA (%)
<b>Horizontes superficiais</b>				
<b>FFAM</b>	$r = -0,789$ ; $p < 0,01$	$r = -0,673$ ; $p > 0,05$	$r = -0,859$ ; $p < 0,01$	$r = 0,930$ ; $p < 0,001$
<b>FFAL</b>	$r = -0,729$ ; $p < 0,05$	$r = -0,523$ ; $p > 0,05$	$r = -0,522$ ; $p > 0,05$	$r = 0,912$ ; $p < 0,001$
<b>FFL</b>	$r = -0,408$ ; $p > 0,05$	$r = -0,429$ ; $p > 0,05$	$r = -0,390$ ; $p > 0,05$	$r = 0,768$ ; $p < 0,001$
<b>FFV</b>	$r = -0,000$ ; $p > 0,05$	$r = -0,176$ ; $p > 0,05$	$r = 0,214$ ; $p > 0,05$	$r = 0,580$ ; $p < 0,05$
<b>Horizontes subsuperficiais</b>				
<b>FFAM</b>	$r = -0,658$ ; $p < 0,05$	$r = -0,433$ ; $p < 0,05$	$r = -0,476$ ; $p < 0,01$	$r = 0,719$ ; $p < 0,001$
<b>FFAL</b>	$r = -0,170$ ; $p > 0,05$	$r = -0,543$ ; $p < 0,05$	$r = -0,342$ ; $p > 0,05$	$r = 0,769$ ; $p < 0,001$
<b>FFL</b>	$r = -0,210$ ; $p > 0,05$	$r = -0,259$ ; $p > 0,05$	$r = -0,466$ ; $p < 0,05$	$r = 0,762$ ; $p < 0,001$
<b>FFV</b>	$r = -0,151$ ; $p > 0,05$	$r = -0,143$ ; $p > 0,05$	$r = -0,023$ ; $p > 0,05$	$r = 0,758$ ; $p < 0,001$

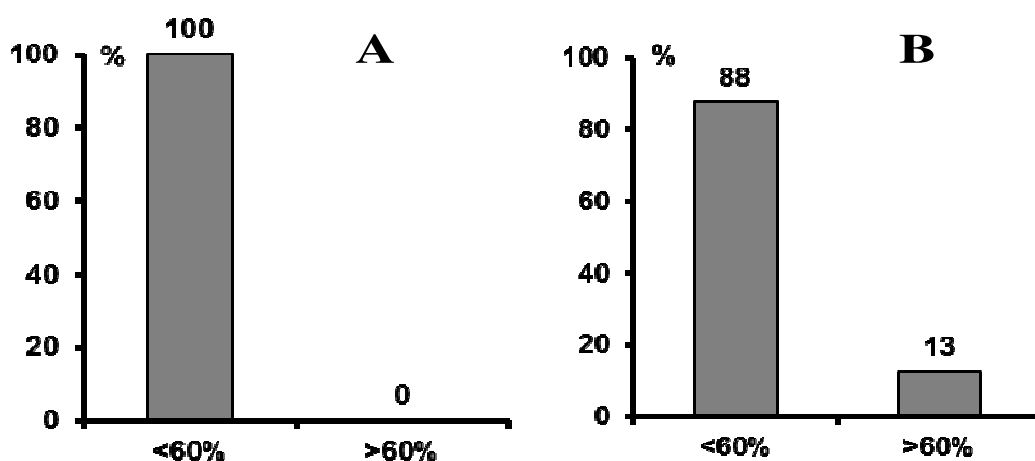
FFAM (*Fracamente Ferrálicos Amarelos*); FFL (*Fracamente Ferrálicos Alaranjados*); FFL (*Fracamente Ferrálicos Laranja*) e FFV (*Fracamente Ferrálicos Vermelhos*).

Nos horizontes subsuperficiais (Quadro 7) dos mesmos solos (Quadro 7; Anexo 1.1) verificaram-se correlações negativas entre a concentração de alumínio de troca com os valores de pH em H<sub>2</sub>O ( $r = -0,658296$ ;  $p < 0,001$ ) e em KCl ( $r = -0,433487$ ;  $p < 0,05$ ), bem como os do grau de saturação em

bases ( $r = -0,476046$ ;  $p < 0,01$ ); também se observaram correlações positivas com o grau de saturação em alumínio ( $r = 0,71922$ ;  $p < 0,001$ ).

No caso dos *Solos Fracamente Ferrálicos Alaranjados*, os horizontes superficiais (Quadro 7; Anexo 1.2) mostraram correlações negativas e significativas entre a concentração de alumínio de troca e os valores de pH em  $H_2O$  ( $r = -0,729154$ ;  $p < 0,05$ ), mas não com os valores de pH em KCl ( $p > 0,05$ ) e os valores do grau de saturação em bases ( $p > 0,05$ ); mas observou-se uma correlação estreita e positiva com o grau de saturação em alumínio ( $r = 0,912701$ ;  $p < 0,001$ ). Diferentemente, nos horizontes subsuperficiais (Quadro 7) dos mesmos solos (Quadro 7; Anexo 1.2) não se observaram correlações da concentração de alumínio de troca com os valores de pH em  $H_2O$  ( $p > 0,05$ ) e os do grau de saturação em bases ( $p > 0,05$ ), mas apenas com os valores de pH em KCl ( $r = -0,543522$ ;  $p < 0,01$ ); e se correlacionaram positivamente com o grau de saturação em alumínio ( $r = 0,769955$ ;  $p < 0,001$ ).

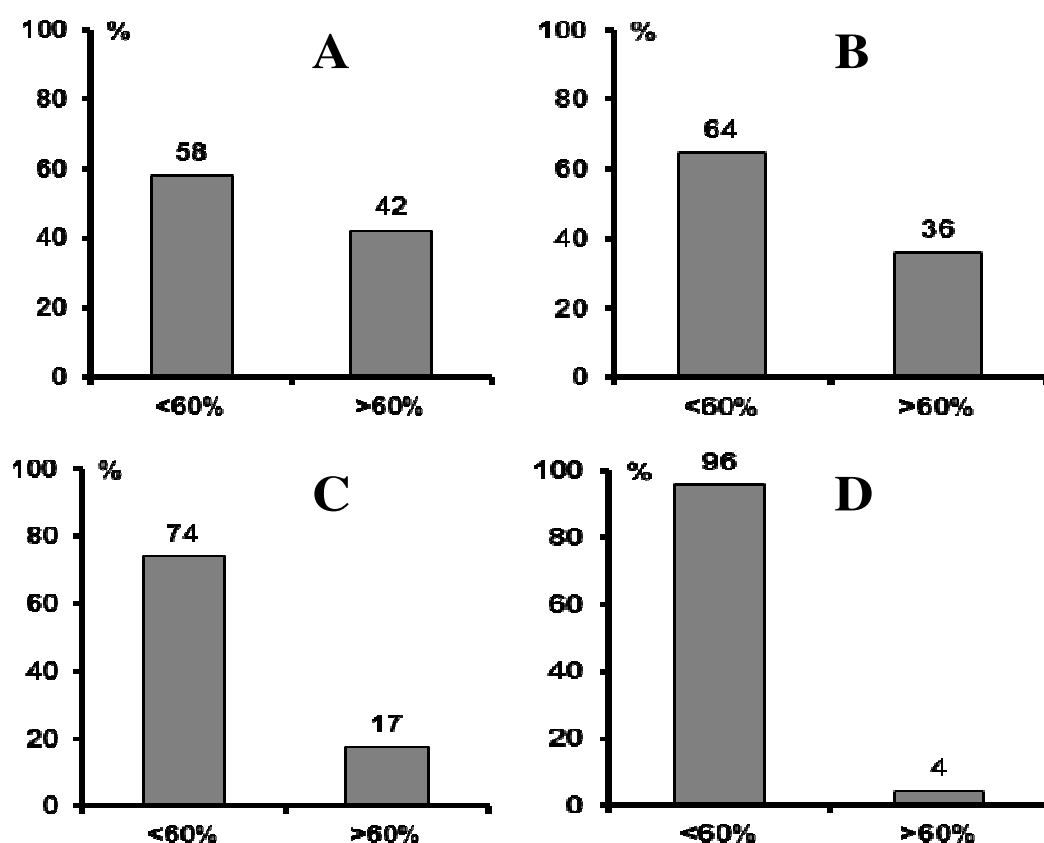
Nos horizontes superficiais dos *Solos Fracamente Ferrálicos Laranja* (Quadro 7; Anexo 1.3) não se observaram correlações significativas ( $p > 0,05$ ) entre a concentração de alumínio de troca e os valores pH em  $H_2O$  e em KCl e o grau de saturação em bases, verificando-se apenas a correlação positiva com o grau de saturação em alumínio ( $r = 0,768952$ ;  $p < 0,001$ ).



**Figura 11** – Classes do grau de saturação alumínio [GSA) =  $(Al / (Al + SB))$ ] nos horizontes superficiais de *Solos Fracamente Ferrálicos Amarelos* (A), *Alaranjados* (B), *Laranja* (C) e *Vermelhos* (D).

Quanto à distribuição das classes do grau de saturação em alumínio de troca nos horizontes superficiais nos diferentes *Solos Fracamente Ferrálicos* (Figura 11) – *Amarelos, Vermelhos, Laranja e Alaranjados* - observou-se o padrão observado para o conjunto de todos os solos estudados, pois entre 75 e 100% dos casos mostravam valores do grau de saturação de alumínio inferiores a 60%, enquanto apenas 8 a 25% dos casos apresentavam valores de grau de saturação superiores a 60%.

Os horizontes subsuperficiais dos *Solos Fracamente Ferrálicos* em estudo apresentaram uma distribuição das classes de grau de saturação em alumínio de troca semelhante á observada nos horizontes superficiais. De facto entre 58 a 96% dos casos apresentavam valores do grau de saturação em alumínio de troca inferior a 60% enquanto em 4 a 42% dos casos os valores eram superiores a 60% (Figura 12).



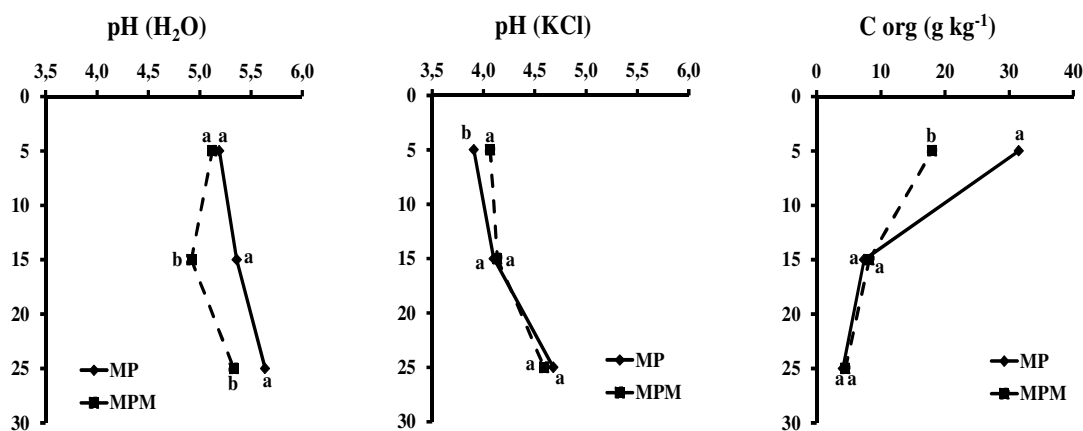
**Figura 12** – Classes do grau de saturação em alumínio  $[GSA] = (Al / (Al + SB))$  nos horizontes subsuperficiais de *Solos Fracamente Ferrálicos* Amarelos (A), Alaranjados (B), Laranja (C) e Vermelhos (D).

### 3.2. - ECOSSISTEMAS FLORESTAIS E AGRÍCOLAS DA CHIANGA E RECUPERAÇÃO DA QUALIDADE DO SOLO

Os valores de características químicas dos solos das áreas com os pares de ecossistemas (florestais e agrícolas) objecto de estudo - nomeadamente mata (plantada) de panda (MP) *versus* cultura de milho (MPM), plantação de *Pinus patula* (PI) *versus* cultura de milho (PIM), plantação de eucalipto (*Eucalyptus grandis*) (EU) *versus* cultura de milho (EUM), plantação de *Grevillea robusta* (GR) *versus* cultura de milho (GRM), localizadas na Estação Experimental Agrícola da Chianga (EEAC) - obtidas para as profundidades de 0 -10, 10 – 20 e 20 – 30 cm, estão representados nas Figuras 13- 24 e indicados nos Anexos 2.1).

#### Mata de panda (MP) *versus* cultura de milho (MPM)

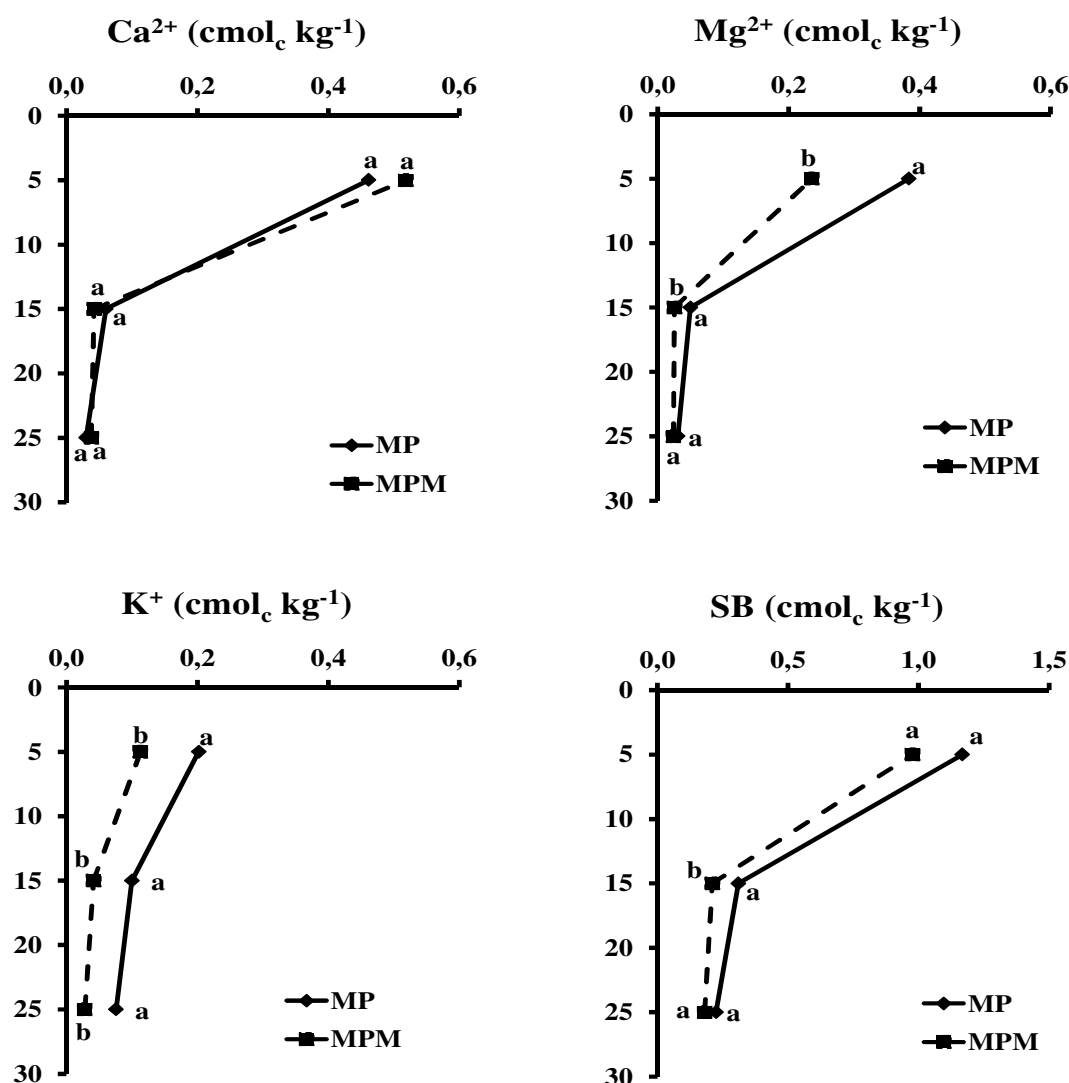
Os valores de pH em H<sub>2</sub>O no solo da (MP) foram superiores aos observados na cultura de milho; na profundidade de 0-10 cm, esses valores foram da mesma ordem de grandeza, mas nas camadas subjacentes foram significativamente mais baixos nos solos com a cultura de milho (Figura 13; Anexo 2.1). Por sua vez, os valores de pH em KCl, na camada de 0-10 cm, foram significativamente mais elevados no solo com cultura de milho, mas nas camadas seguintes os valores foram semelhantes nos dois sistemas.



**Figura 13** - Valores de pH em H<sub>2</sub>O e em KCl, e teor de C orgânico (C<sub>org</sub>) nos solos da mata de panda (MP) e da cultura de milho (MPM). Letras diferentes para cada profundidade representam diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) pelo teste de Student.

No caso do carbono orgânico, a camada de 0-10 cm do solo com (MP) apresentou teores significativamente mais elevados ( $31,5 \text{ g kg}^{-1}$ ) do que naquele com cultura do milho ( $18,0 \text{ g kg}^{-1}$ ). Porém, nas camadas subjacentes as concentrações de C orgânico no solo dos dois sistemas foram muito menores e da mesma ordem de grandeza, não apresentando diferenças significativas.

Quanto às bases de troca ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{K}^+$ ; Figura 14; Anexo 2.1) sublinha-se a baixa concentração de qualquer uma delas (Figura 14). Constatou-se que a concentração de  $\text{K}^+$  foi significativamente menor nas camadas do solo com a cultura de milho do que nas do solo com (MP).



**Figura 14** – Teores de  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{K}^+$  e soma das bases (SB) de troca dos solos da mata de panda (MP) e da cultura de milho (MPM). Letras diferentes para cada profundidade referem diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) pelo teste de Student.

Padrão semelhante foi verificado para a concentração do  $Mg^{2+}$ , mas as diferenças significativas apenas ocorriam nas profundidades de 0 - 10 e 10 - 20 cm. Ao contrário das bases anteriores, a concentração do  $Ca^{2+}$  não apresentou diferenças significativas, em qualquer das profundidades consideradas, entre os solos dos dois sistemas em comparação.

A soma de bases de troca foi naturalmente menor no solo da cultura de milho do que no da (MP), mas a diferença apenas foi significativa até à profundidade de 20 cm (Figura 14; Anexos 2.1). Os valores deste parâmetro na camada de 0-10 cm foram  $0,98 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  e  $1,17 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ , respectivamente, para a cultura de milho e para a mata de panda; nas camadas inferiores, esses valores foram inferiores a  $0,5 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  nos dois sistemas.

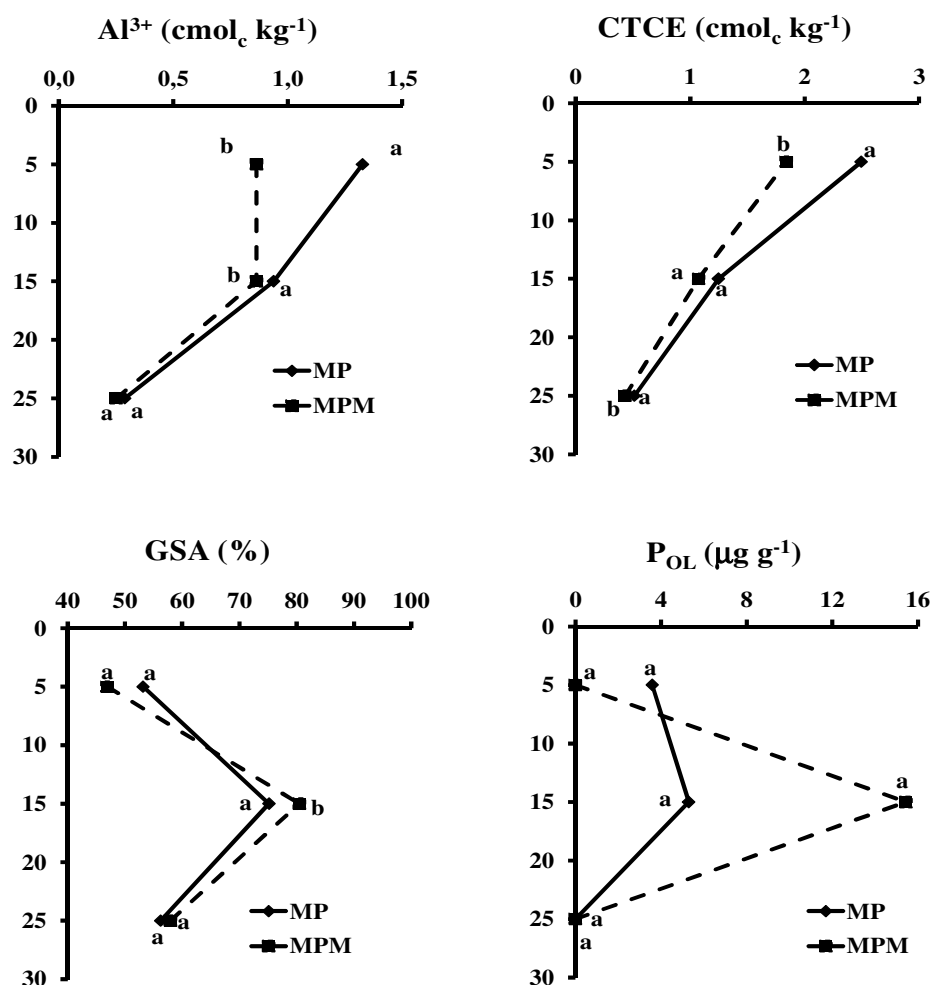
A concentração de  $Al^{3+}$  de troca ou extraível na profundidade de 0-10 cm foi significativamente superior no solo da mata de panda ( $1,33 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ) do que no da cultura de milho ( $0,88 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ); nas camadas inferiores os valores foram da mesma ordem de grandeza e não se verificaram diferenças significativas entre os dois sistemas (Figura 15). Quanto aos valores da capacidade de troca catiónica efectiva (CTCE), eles foram menores no solo com cultura do milho do que naquele com (MP) (Figura 15; Anexo 2.1); a maior diferença e significativa observou-se na camada de 0 - 10 cm, onde os valores atingiram  $2,49$  e  $1,84 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ , respectivamente na mata de panda e na cultura de milho confinante. Tais valores evidenciam que a capacidade de troca catiónica efectiva dos solos em estudo é extremamente baixa.

O grau de saturação em alumínio (GSA) apresentou um padrão de variação com a profundidade semelhante nos dois sistemas, sendo os respectivos valores pouco diferenciados (Figura 15). Apenas na camada de 10-20 cm, onde o valor do GSA apresentou os valores mais elevados, as diferenças foram significativas, sendo menor o valor no solo da mata de panda (75,2%) do que no solo da cultura de milho (80,4%); nas outras camadas os valores de GSA variaram entre 56,2 e 58,0%.

O teor de fósforo extraível pelo teste de Olsen (Figura 15) foi significativamente mais elevado, na camada de 10-20 cm, no solo da cultura de milho ( $15,4 \mu\text{g g}^{-1}$ ) do que naquele da mata de panda ( $5,3 \mu\text{g g}^{-1}$ ); na camada de 0-10 cm os valores foram mais baixos e significativamente



menores no solo da cultura do milho, enquanto na camada de 20-30 cm os valores foram mínimos (inferiores a  $0,01 \mu\text{g g}^{-1}$ ) nos dois sistemas.

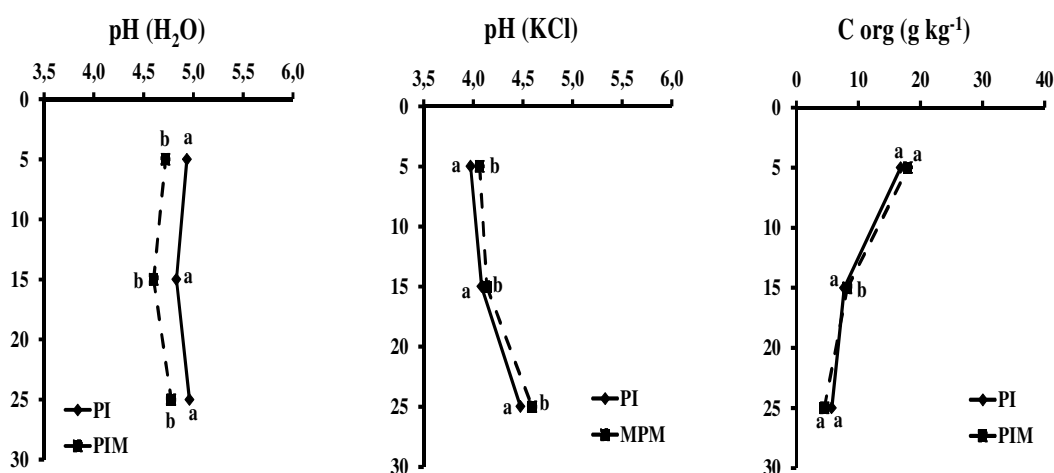


**Figura 15** – Concentração de  $\text{Al}^{3+}$  extraível e valores da capacidade de troca catiônica efectiva (CTCE) e do grau de saturação em Al [GSA] =  $(\text{Al} / (\text{Al} + \text{SB}))$  e teor de P extraível dos solos da mata de panda (MP) e da cultura de milho (MPM). Letras diferentes para cada profundidade referem diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) pelo teste de Student.

### Plantação de *Pinus patula* (PI) versus cultura de milho (PIM)

A reacção do solo nesta área foi ligeiramente mais ácida do que na área anterior. Os valores de pH em  $\text{H}_2\text{O}$  e em KCl (Figura 16; Anexo 2.1) foram significativamente menores nas camadas minerais do solo com a cultura do milho do que nas do solo com *P. patula*. As diferenças foram, no entanto, mais acentuadas no caso do pH em  $\text{H}_2\text{O}$ .

Ao contrário do observado na área considerada anteriormente, não se observaram diferenças significativas entre o teor de C orgânico (Figura 16) determinado na camada superficial do solo com *P. patula* (16,8 g kg<sup>-1</sup>) e na do solo com milho (15,4 g kg<sup>-1</sup>). Apenas na profundidade de 10-20 cm ocorreram diferenças significativas entre os dois sistemas, sendo os valores mais elevados observados no solo da cultura de milho; na camada de 20-30 cm os valores foram semelhantes (4,9-5,7 g kg<sup>-1</sup>) nos dois sistemas.



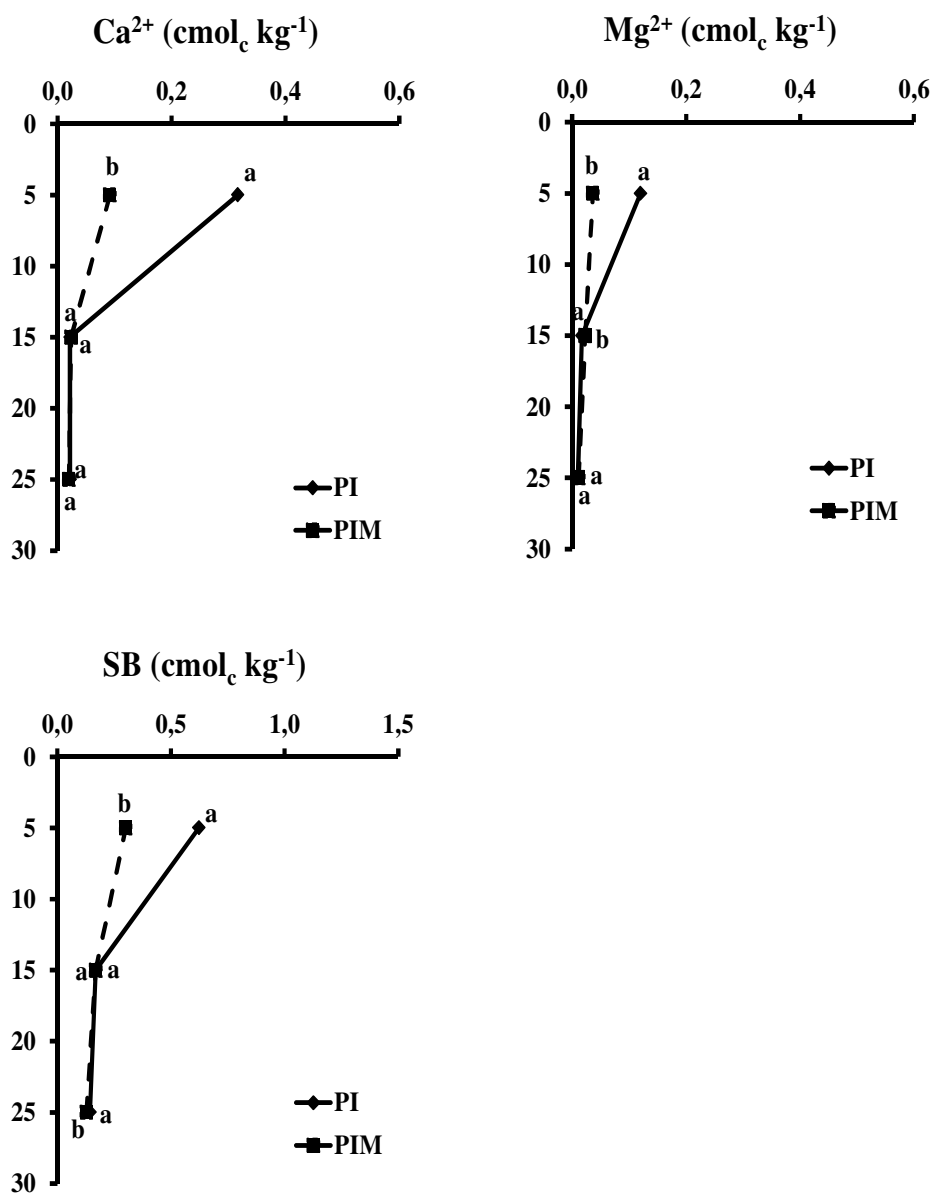
**Figuras 16** – Valores de pH em H<sub>2</sub>O e em KCl e teor de C orgânico (C<sub>org</sub>) dos solos de *Pinus patula* (PI) e da cultura de milho (PIM). Letras diferentes para cada profundidade referem diferenças significativas (p < 0,05) pelo teste de Student.

A concentração das bases de troca e a respectiva soma na área com *P. patula* e milho foram inferiores às determinadas nas áreas referidas anteriormente. As concentrações do Ca<sup>2+</sup> e do Mg<sup>2+</sup> de troca (Figura 17) foram significativamente menores na camada de 0-10 cm do solo da cultura de milho do que na do solo com *P. patula*; nas profundidades subsequentes, as concentrações foram extremamente baixas nos dois sistemas e não se verificaram diferenças significativas entre eles.

A concentração do K<sup>+</sup> foi muito baixa (0,05 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>) e não apresentou diferenças significativas, em qualquer profundidade, entre os sistemas em comparação (Anexos 2.1).

A soma de bases, na profundidade de 0-10 cm (Figura 17), foi significativamente mais elevada no solo com *P. patula* (0,62 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>) do que no solo com cultura de milho (0,30 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>); nas camadas subjacentes

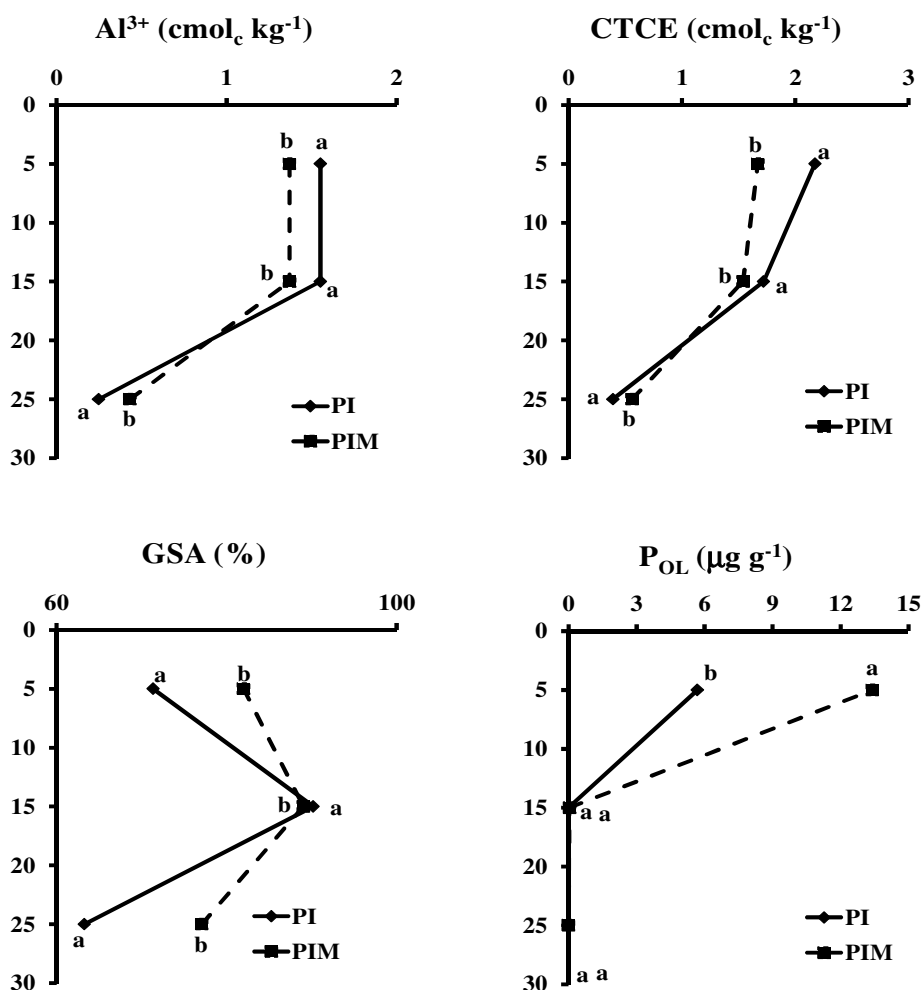
os valores foram inferiores a  $0,15 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  e da mesma ordem de grandeza nos dois sistemas.



**Figuras 17** – Concentração de  $\text{Ca}^{2+}$  e de  $\text{Mg}^{2+}$  de troca e valor da soma das bases de troca nos solos da plantação de *Pinus patula*(PI) e da cultura de milho (PIM). Letras diferentes para cada profundidade referem diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) pelo teste de Student.

A concentração de  $\text{Al}^{3+}$  extraível foi significativamente menor no solo com cultura de milho ( $1,37 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ) do que no solo da área com *P. patula* ( $1,55 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ) até à profundidade de 20 cm (Figura 18; Anexo 2.1). Na camada de 20-30 cm a tendência foi inversa.

Diferenças semelhantes entre os dois sistemas foram observadas para os valores da capacidade de troca catiónica efectiva (CTCE), os quais atingiram 2,17 e 1,67  $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  na camada superficial do solo da área de *P.patula* e da de milho, respectivamente. Os valores da CTCE indicam também a fraca capacidade dos solos da área em reterem espécies catiónicas, nomeadamente no que respeita às bases de troca.



**Figura 18** - Concentração de  $\text{Al}^{3+}$  e valores da capacidade de troca catiónica efectiva (CTCE) e do grau de saturação em Al [ $\text{GSA} = (\text{Al} / (\text{Al} + \text{SB}))$ ] e teor de P extraível dos solos de *Pinus patula* (PI) e da cultura de milho (PIM). Letras diferentes para cada profundidade representam diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) pelo teste de Student.

O grau de saturação em alumínio apresentou grande variação com a profundidade do solo, sendo observadas diferenças significativas entre a plantação de *P. patula* e a cultura do milho para as diferentes profundidades consideradas (Figura 18). Os valores deste parâmetro na camada 0-10 cm

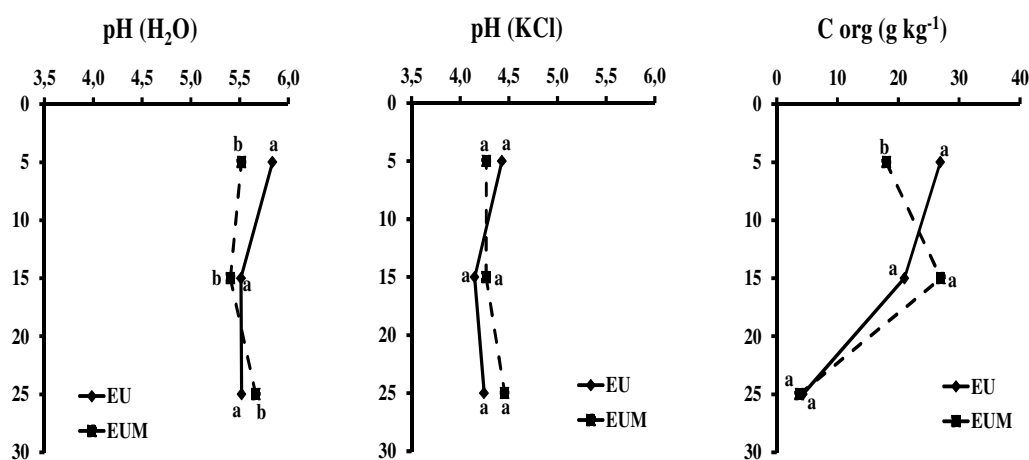
foram 71,4 e 82,0% respectivamente para *P. patula* e cultura do milho; na camada 10-20 cm atingiram cerca de 90,0 e 81,0%; na camada de 20-30 cm 63,3% e 77,9%. Estes resultados indicam maior expressão do grau de saturação em Al em relação aos solos dos sistemas anteriores.

O teor de P extraível na camada de 0-10 cm do solo com a cultura de milho foi significativamente mais elevado ( $13,4 \mu\text{g g}^{-1}$ ) do que na do solo com *P. patula* ( $5,7 \mu\text{g g}^{-1}$ ). Todavia, nas camadas seguintes as concentrações de P no solo dos dois sistemas foram extremamente baixas ( $<0,01 \mu\text{g g}^{-1}$ ) e não apresentaram diferenças significativas.

### Plantação de *Eucalyptus grandis* (EU) versus cultura de milho (EUM)

A reacção do solo nesta área, nomeadamente a do solo com *E. grandis* é claramente menos ácida do que nas duas áreas anteriores. Até à profundidade de 20 cm, os valores de pH em  $\text{H}_2\text{O}$  no solo com eucalipto foram significativamente superiores (5,84) aos observados no solo com milho (5,52); na camada de 20-30 cm, esses valores foram significativamente mais elevados na área da cultura de milho do que na de *E. grandis* (Figura 19; Anexo 2.1).

Ao contrário do observado para o pH em  $\text{H}_2\text{O}$ , os valores de pH em KCl não apresentaram diferenças significativas, em qualquer profundidade, entre os dois sistemas em comparação.

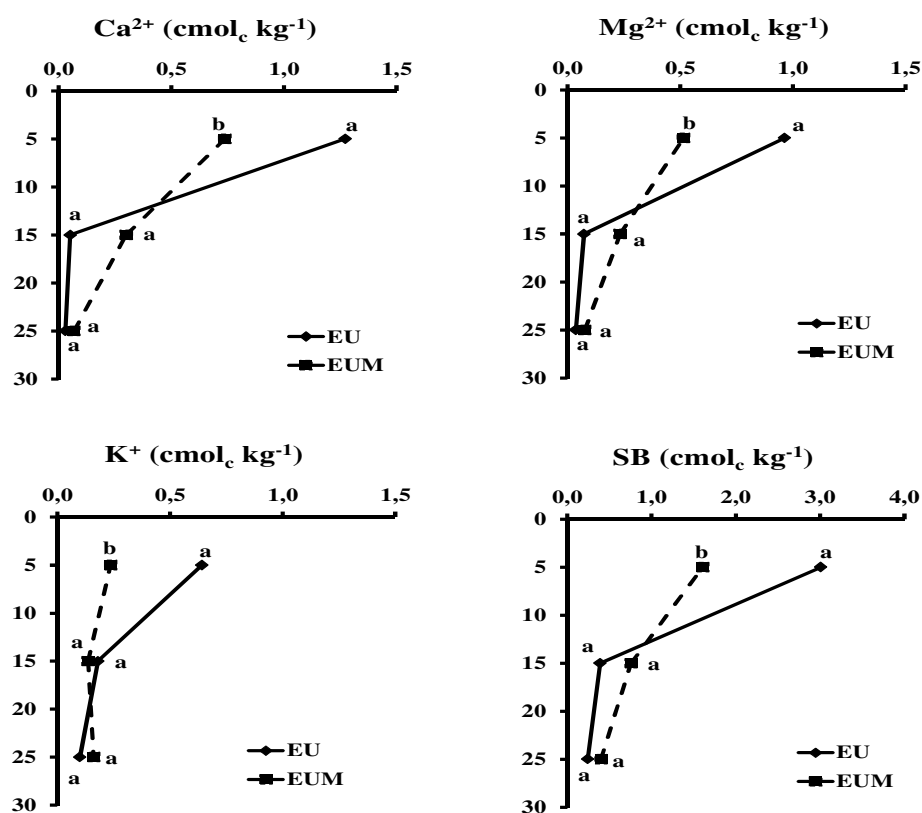


**Figura 19** - Valores de pH em  $\text{H}_2\text{O}$  e em KCl e o teor de C orgânico ( $\text{C}_{\text{org}}$ ) dos solos do *E. grandis* (EU) e da cultura de milho (EUM). Letras diferentes para cada profundidade representam diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) pelo teste de Student.

A concentração de C orgânico na camada de 0-10 cm foi maior na área de *E. grandis* (26,9 g kg<sup>-1</sup>) do que na de milho (18,0 g kg<sup>-1</sup>), sendo significativas as diferenças entre os solos dos dois sistemas (Figura 19; Anexo 2.1).

Nas camadas seguintes não se observaram diferenças significativas; na camada 10-20 cm a concentração de C orgânico foi superior na área de milho (27,0 g kg<sup>-1</sup>) do que na de *E. grandis* (21,0 g kg<sup>-1</sup>); a concentração na camada de 20-30 cm foi inferior a 4,5 g kg<sup>-1</sup> nos solos dos dois sistemas. No caso da área da cultura de milho, a concentração de C orgânico mais elevada na camada de 10-20 cm poderá estar associada às perturbações associadas ao cultivo.

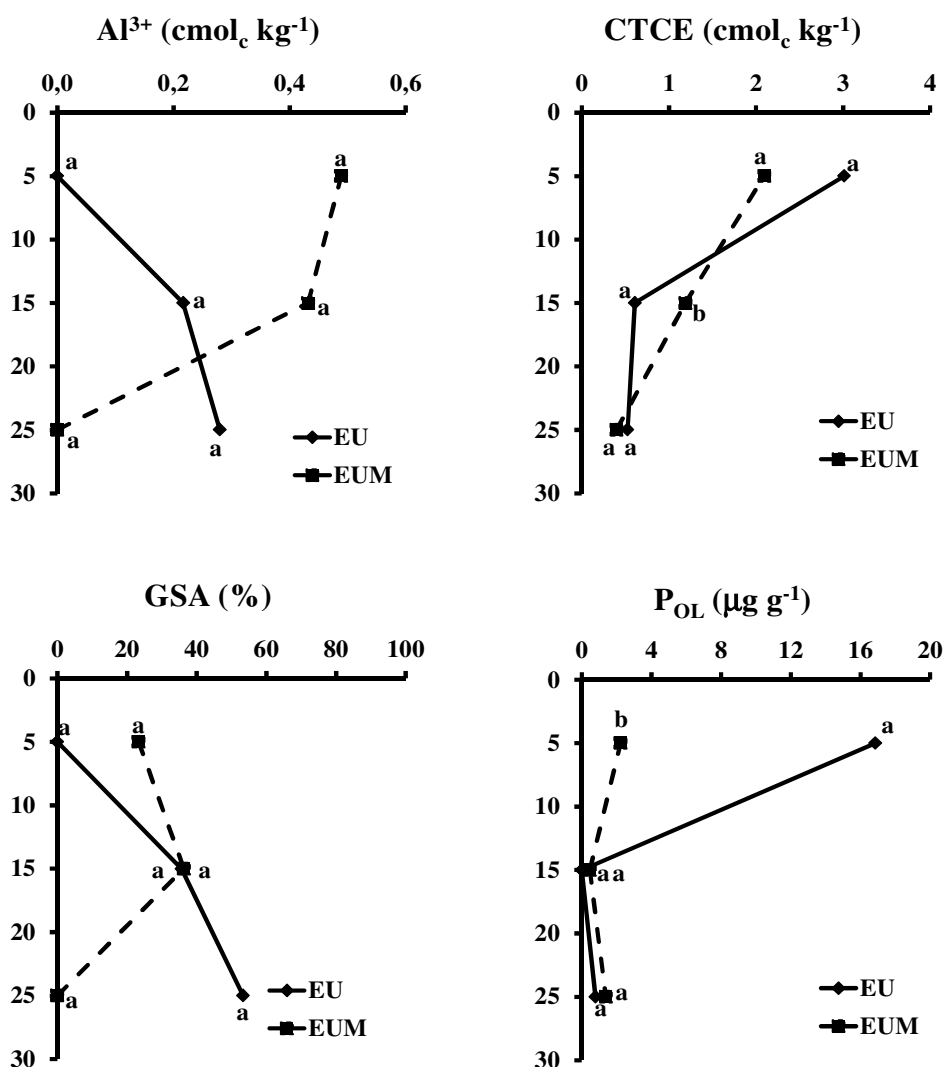
A concentração das bases de troca ou extraíveis (Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> e K<sup>+</sup>) e a soma das bases de troca (Figura 20; Anexo 2.1), na camada superficial do solo, foram significativamente menores na área da cultura do milho do que na de *E. grandis*. Nas camadas subjacentes não foram observadas diferenças significativas.



**Figura 20** - Concentração do Ca<sup>2+</sup>, do Mg<sup>2+</sup> e do K<sup>+</sup> de troca e da soma de bases de troca (SB) nos solos do *E. grandis* (EU) e da cultura de milho (EUM). Letras diferentes para cada profundidade referem diferenças significativas (p < 0,05) pelo teste de Student.

Nestes dois sistemas, é notório que o teor das bases de troca e o valor da respectiva soma foram bastante mais elevados do que nos sistemas considerados anteriormente.

A concentração de  $\text{Al}^{3+}$  extraível, de acordo com os valores de pH, tomou valores nulos na camada superficial do solo com *E. grandis* (Figura 21), subindo para 0,22 e 0,28  $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$  respectivamente na camada de 10-20 e 20-30 cm. No caso do solo com milho a variação foi inversa: o valor mais elevado foi observado na camada superficial do solo (0,43  $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ ), sendo igual a zero na camada de 20-30 cm, onde o pH em  $\text{H}_2\text{O}$  atingiu o valor de 5,67.



**Figura 21** - Teor de  $\text{Al}^{3+}$  extraível, valores da capacidade de troca catiónica efectiva (CTCE) e do grau de saturação em Al [GSA] =  $(\text{Al} / (\text{Al} + \text{SB}))$  e teor de P extraível nos solos do *E. grandis* (EU) e da cultura de milho (EUM). Letras diferentes para cada profundidade referem diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) pelo teste de Student.

O grau de saturação em Al não apresentou, apesar da diferença dos valores médios, diferenças significativas, em qualquer profundidade, entre os solos do *E. grandis* e da cultura de milho (Figura 21; Anexo 2.1). Os valores encontrados tanto na área de eucalipto (0,0-53,3%) como na demilho (0,0-32,3%) indicam a ausência ou fraca concentração de alumínio na solução do solo, estando em correspondência com valores de pH mais elevados do que nas outras áreas anteriormente consideradas (Figura 19).

A capacidade de troca catiónica efectiva, na camada de 0-10 cm, foi menor no solo da cultura de milho ( $2,10 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ) do que na plantação de *E. grandis* ( $3,01 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ), mas a diferença não foi significativa (Figura 21; Anexo 2.1); as diferenças dos valores deste parâmetro apenas foram significativas na camada de 10-20 cm, onde os valores no solo com milho foram superiores ( $1,19 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ) aos observados na área com eucalipto  $0,61 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ; na camada de 20-30 cm os valores foram semelhantes ( $0,40\text{-}0,52 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ) nos dois sistemas.

A concentração de fósforo extraível (Figura 21) foi significativamente mais elevada na camada de 0-10 cm do solo com *E. grandis* ( $16,9 \mu\text{g g}^{-1}$ ) do que no solo com a cultura do milho ( $2,2 \mu\text{g g}^{-1}$ ); nas camadas seguintes os valores foram extremamente baixos e da mesma ordem de grandeza nos dois sistemas.

### **Plantação de *Grevillea robusta* (GR) versus cultura de milho (GRM)**

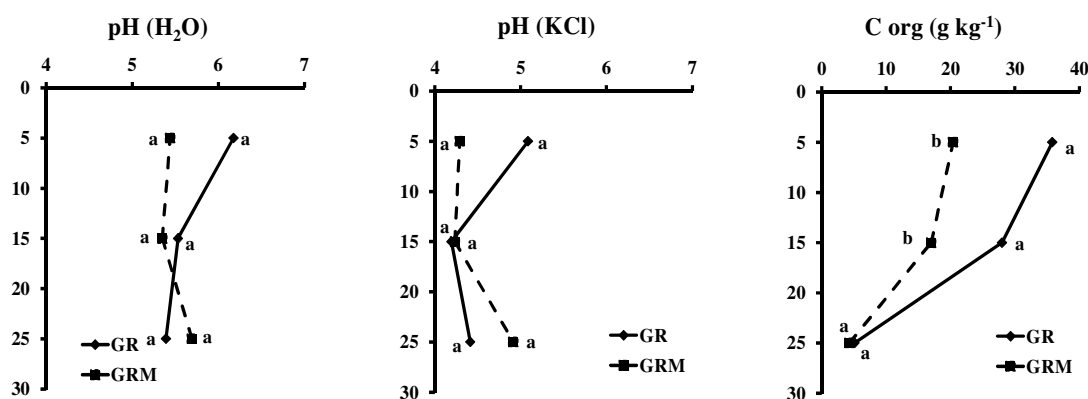
Os valores de pH em  $\text{H}_2\text{O}$  e em KCl na camada de 0-10 cm foram superiores na área de *G. robusta* (6,18 e 5,09) do que na de milho (5,22 e 4,16), mas as diferenças não foram significativas (Figura 22; Anexo 2.1); na camada de 10-20 cm as diferenças ainda foram mais atenuadas e, no caso da camada 20-30 cm os valores foram mais baixos no solo da plantação de grevillea do que no da cultura de milho. Acresce, porém, que os valores de pH determinados nesta área se mostraram mais elevados do que os determinados em qualquer das outras consideradas.

A concentração de C orgânico (Figura 23; Anexo 2.1) foi muito mais elevada na camada superficial do solo da área com *G. robusta* ( $35,8 \text{ g kg}^{-1}$ ) do que no solo com cultura de milho ( $20,4 \text{ g kg}^{-1}$ ); os teores na camada de 10-20



cm foram respectivamente 28,0 g kg<sup>-1</sup> e 16,5 g kg<sup>-1</sup>. As diferenças foram naturalmente significativas tanto na camada superficial como na camada de 10-20 cm.

Na camada de 20-30 cm, tal como se verificou nos outros sistemas, os teores de C orgânico foram muito menores e da mesma ordem de grandeza na área de *G. robusta* ( e na de cultura de milho. Sublinha-se que o teor de C orgânico na camada superficial do solo com grevillea, até 20 cm de profundidade, foi o mais elevado no conjunto dos sistemas objecto de estudo.

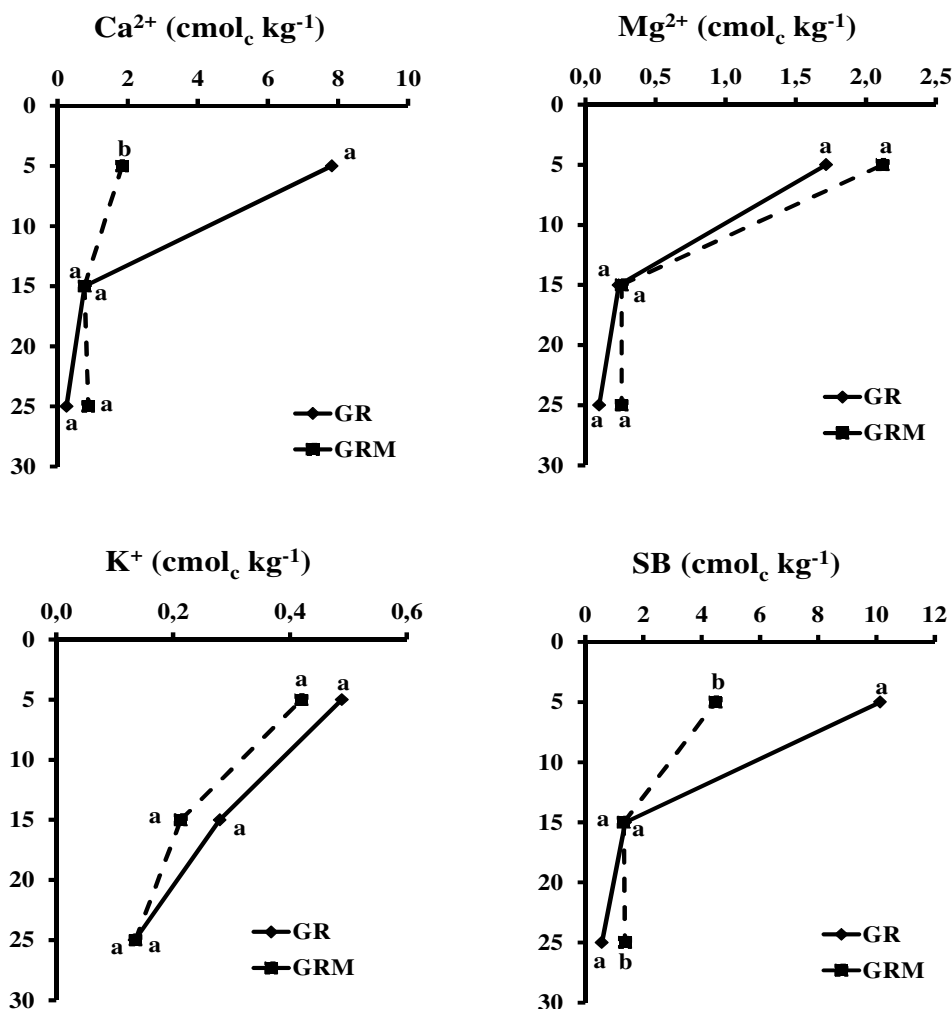


**Figura 22** - Valores de pH em H<sub>2</sub>O e em KCl e teor de C orgânico (C<sub>org</sub>) dos solos das áreas com *G. robusta* ( GR) e cultura de milho (GRM). Letras diferentes para cada profundidade referem diferenças significativas (p <0,05) pelo teste de Student.

Quanto às bases de troca (Figura 23; Anexo 2.1), constatou-se que a concentração de Ca<sup>2+</sup> na profundidade de 0-10 cm foi significativamente superior no solo da *G. robusta* (7,82 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>) do que no da cultura de milho (1,72 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>); nas camadas seguintes os valores foram similares e não se verificaram diferenças significativas entre os dois sistemas. Ao contrário do observado para o Ca<sup>2+</sup>, as concentrações de Mg<sup>2+</sup> e de K<sup>+</sup> de troca não apresentaram diferenças significativas, em qualquer das profundidades consideradas, entre os solos dos dois sistemas em comparação; além disso, no caso do Mg<sup>2+</sup>, as concentrações foram mais elevadas na área de milho do que na de *G. robusta*. As concentrações das bases de troca no caso presente foram mais elevadas do que as observadas em qualquer dos outros sistemas considerados anteriormente, estando em consonância com as tendências referidas para o pH.

Os valores da soma de bases de troca (SB) na camada de 0 - 10 cm foram muito menores no solo com cultura do milho (4,5 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>) do que

naquele com a *G. robusta* (10,1 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>), sendo a diferença significativa (Figura 23); nas camadas inferiores os valores de SB foram muito menores e de grandeza semelhante nos dois sistemas.

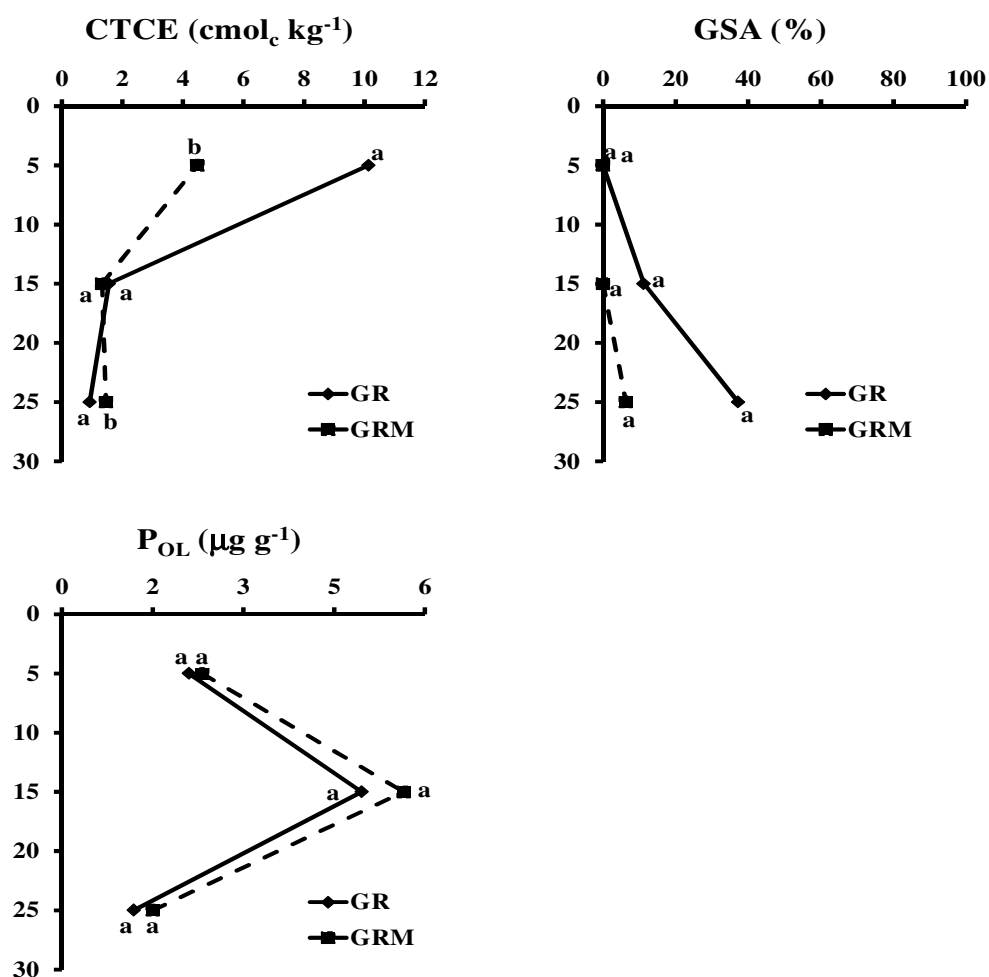


**Figura 23** - Bases extraíveis (Ca, Mg e K) e soma de bases (SB) dos solos com *G. robusta* (GR) e dos solos com cultura de milho (GRM). Letras diferentes para cada profundidade representam diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) pelo teste de Student.

Quanto aos valores da capacidade de troca catiónica efectiva (Figura 24), observou-se um padrão semelhante ao manifestado para a soma das bases de troca, dado serem nulos ou negligenciáveis os valores de Al<sup>3+</sup> extraível.

O grau de saturação em Al (GSA) foi muito mais baixo do que nos sistemas anteriormente considerados. Este grau não apresentou diferenças significativas, em qualquer das camadas, entre os solos da *G. robusta* e da

cultura de milho (Figura 24; Anexo 2.1). No entanto os valores mais elevados foram verificados na camada de 20-30 cm (Figura 24), onde atingiram 37,2 e 6,3% para a área de *G. robusta* e de milho, respectivamente. Estes valores do GSA indicam como é óbvio a ausência ou fraca concentração de alumínio de troca no solo (Anexo 2.1).



**Figura 24** - Valor da capacidade de troca catiónica efectiva (CTCE), do grau de saturação em alumínio e da concentração de P extraível no solo da *G. robusta* (GR) e no da cultura de milho (GRM). Letras diferentes para cada profundidade referem diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) pelo teste de Student.

O teor de P extraível não apresentou diferenças significativas entre os solos da *G. robusta* e da cultura de milho, em qualquer das camadas consideradas. No entanto o teor mais elevado foi observado na camada de 10-20 cm (Figura 24), onde as concentrações foram 4,5 e 5,7 μg g<sup>-1</sup> para a área de milho e área de grevillea, respectivamente.

### 3.3.—.GESTÃO, PRODUTIVIDADE E CARACTERISITCAS DO SOLO

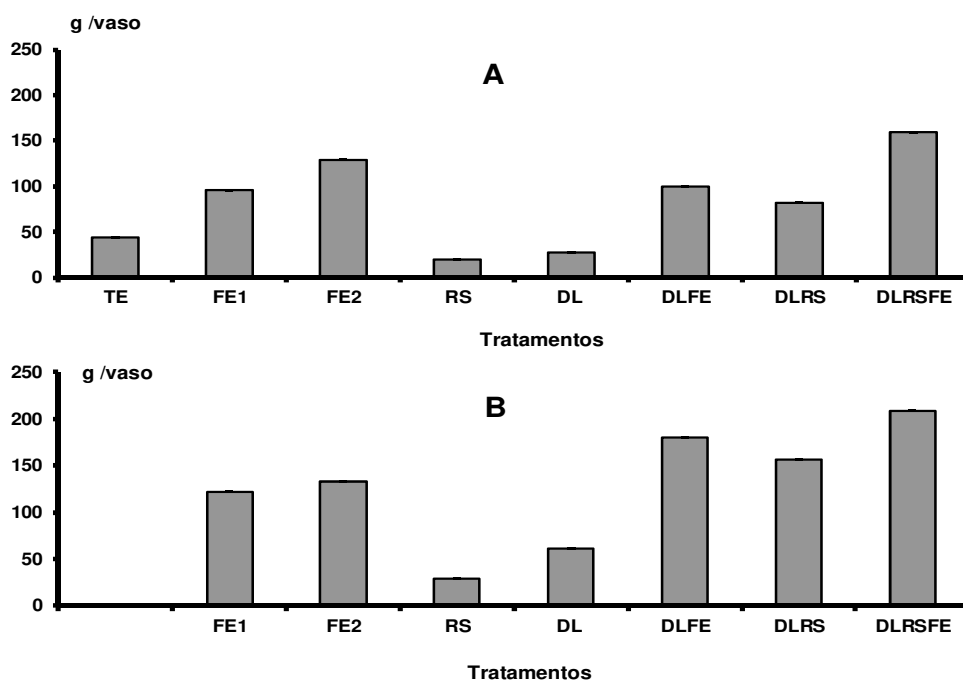
#### 3.3.1 – Produção e nutrição do milho

##### 3.3.1.1 - Ensaio em vasos

##### 3.3.1.1.1 - Ano agrícola 2010/2011

##### *Biomassa das plantas de milho*

Os valores médios da produção da matéria seca da cultura de milho nos diferentes tratamentos dos ensaios em vasos apresentam-se na Figura 25 e Anexo 3.1.



**Figura 25** - Valores médios da massa (g/vaso) das plantas de milho (peso seco a 80°C) nos diversos tratamentos do ensaio em vasos sem (A) ou com (B) aplicação de fertilizante de cobertura, 154 dias após a sementeira (2010/11). Tratamentos: testemunha (TE), fertilizante (FE1 e FE2), resíduos orgânicos (RS), calcário dolomítico (DL), calcário dolomítico e fertilizante (DLFE), calcário dolomítico e resíduos orgânicos (DLRS) e calcário dolomítico, resíduos orgânicos e fertilizante (DLRSFE).

Observou-se que os valores médios de massa seca da cultura de milho no ensaio em vasos sem aplicação de ureia (Figura 25) foram muito superiores nos tratamentos DLRSFE, FE2, DLFE, FE1 e DLRS (82,52-159,46 g/vaso) do que no tratamento testemunha (TE; 43,70 g/vaso); pelo contrário, a

massa das plantas nos tratamentos DL (27,29 g/vaso) e RS (20,36 g/vaso) foi menor do que a determinada na testemunha.

No caso dos vasos em que se aplicou ureia como fertilizante de cobertura (Figura 25) verificou-se padrão semelhante, pois os tratamentos DLRSFE, DLFE, DLRS, FE2 e FE1 apresentaram valores de massa seca de milho muito mais elevada (121,26-207,92 g/vaso) do que os vasos dos tratamentos DL e RS (28,70-60,63 g/vaso).

A diferenciação do peso das plantas nas diferentes modalidades do ensaio com cobertura de ureia parece ser superior do que na modalidade sem ureia, nomeadamente nos tratamentos DLFE, DLRS e DLRSFE.

### ***Concentração de nutrientes na biomassa***

A concentração de nutrientes (N, P, Ca, Mg e K) nas plantas de milho não submetidas a fertilização e com a fertilização de cobertura no fim do ciclo vegetativo o ano agrícola de 2010/2011 encontra-se no Quadro 8.

As plantas dos tratamentos com aplicação de fertilizante (tratamentos FE1 e FE2) apresentaram concentração em N (9,74 e 14,56 mg g<sup>-1</sup>, respectivamente) superior à observada nos tratamentos RS, TE, DL, DLFE, DLRS e DLRSFE (6,23-8,16 mg g<sup>-1</sup>); pelo contrário, as plantas dos tratamentos DLFE, DLRS e DLRSFE (6,23-6,78 mg g<sup>-1</sup>) mostravam concentrações inferiores ao tratamento TE (7,21 mg g<sup>-1</sup>).

No caso da concentração de P, as plantas dos tratamentos FE1, FE2 e RS (2,78-3,48 mg g<sup>-1</sup>) mostraram concentrações mais elevadas do que nos outros tratamentos (1,04-2,78 mg g<sup>-1</sup>). Sublinha-se que as plantas dos tratamentos DLRS, DLFE e DLRSFE apresentaram concentrações menores (1,04-2,07 mg g<sup>-1</sup>) do que no tratamento testemunha (2,29 mg g<sup>-1</sup>).

A concentração de Ca nas plantas dos tratamentos RS, DLFE, DL, DLRS foi mais elevada (2,13-2,48 mg g<sup>-1</sup>) do que no TE (2,05 mg g<sup>-1</sup>) e ainda mais do que nos tratamentos FE1 (0,74 mg g<sup>-1</sup>), FE2 (1,26 mg g<sup>-1</sup>) e DLRSFE (1,73 mg g<sup>-1</sup>).

Nos tratamentos com aplicação de dolomite (DLFE, DL, DLRSFE e DLRS) as concentrações de Mg (3,07-4,37 mg g<sup>-1</sup>) nas plantas eram mais do dobro da observada no tratamento testemunha (1,73 mg g<sup>-1</sup>); as plantas do tratamento RS apresentaram concentração intermédia (2,38 mg g<sup>-1</sup>). Realça-

se que a concentração verificada nos tratamentos FE1 e FE2 (0,79 e 0,83 mg g<sup>-1</sup>, respectivamente) foi menos de metade da observada no tratamento TE (1,73 mg g<sup>-1</sup>).

As plantas dos tratamentos com aplicação de fertilizantes (FE1 e FE2) e resíduos (RS) apresentavam concentrações de K (20,38-21,55 mg g<sup>-1</sup>) mais elevadas do que nos outros tratamentos (3,25-8,41 mg g<sup>-1</sup>). A concentração nos tratamentos com dolomite (3,24 e 8,19 mg g<sup>-1</sup>) era inferior do que no tratamento TE (8,41 mg g<sup>-1</sup>).

No ensaio em que as plantas foram objecto de fertilização de cobertura com ureia (Quadro 8), as concentrações dos diversos nutrientes apresentaram de modo aproximado o padrão referido anteriormente (Quadro 8). A concentração de Mn não apresentou variações dignas de registo entre os tratamentos tanto na modalidade sem ureia como na modalidade com ureia.

**QUADRO 8** - Concentração de N, P, Ca, Mg e K (mg g<sup>-1</sup>) na biomassa de milho nos tratamentos do ensaio em vaso sem (S) e com (C) ureia de cobertura 154 dias após a sementeira, em 2010/11. Tratamentos: testemunha (TE), fertilizante (FE1 e FE2), resíduos orgânicos (RS), calcário dolomítico (DL), calcário dolomítico e fertilizante (DLFE), calcário dolomítico e resíduos orgânicos (DLRS) e calcário dolomítico, resíduos orgânicos e fertilizante (DLRSFE).

Trat	N		P		Ca		Mg		K	
	S	C	S	C	S	C	S	C	S	C
TE	7,21	-	2,29	-	2,05	-	1,73	-	8,41	-
FE1	14,56	7,14	3,48	2,76	0,74	0,80	0,79	0,50	21,55	19,33
FE2	9,74	12,66	2,88	2,88	1,26	1,66	0,83	0,96	20,88	24,53
RS	8,16	6,89	2,78	1,77	2,48	1,84	2,38	1,61	20,38	8,71
DL	7,29	6,23	2,34	1,64	2,16	2,45	4,37	4,64	6,05	4,67
DLFE	6,23	4,59	1,87	2,41	2,19	2,16	3,75	5,25	4,72	9,71
DLRS	6,78	5,43	1,04	1,69	2,13	2,05	3,07	4,28	3,25	6,01
DLRSFE	6,23	8,02	2,07	1,91	1,73	2,11	3,24	3,25	8,19	7,11

No Quadro 9 apresentam-se os resultados referentes à quantidade de nutrientes (N, P, Ca, Mg e K) acumulados nas plantas de milho (154 dias após a sementeira) nas modalidades sem e com aplicação de fertilização azotada (ureia) de cobertura.

#### **Quantidade de nutrientes na biomassa**

A quantidade de N acumulada nas plantas dos tratamentos FE1 e FE2

(1,25 e 1,41 g/vaso) foi superior à acumulada nas plantas dos outros tratamentos (0,17-0,99 g/vaso); a menor quantidade de N foi observada na biomassa das plantas dos tratamentos RS e DL (0,17 e 0,20 g/vaso, respectivamente), sendo menor do que a acumulada nas plantas do tratamento TE (0,32 g/vaso).

A quantidade de P foi mais elevada nas plantas dos tratamentos FE1, FE2, DLRSFE e DLFE (0,19-0,37 g/vaso) do que nas plantas do tratamento testemunha (0,10 g/vaso) e nas plantas dos tratamentos RS (0,06 g/vaso) e DL (0,06 g/vaso) e DLRS (0,09 g/vaso).

A quantidade de Ca foi mais elevada nas plantas dos tratamentos DLFE, DLRS, DLRSFE e FE2 (0,16-0,28 g/vaso) do que nas plantas do tratamento TE (0,09g/vaso). Realça-se que a quantidade de Ca nas plantas dos tratamentos RS, DL e FE1 (0,05-0,07 g/vaso) foi inferior à observada nas plantas do tratamento TE (0,09 g/vaso).

A quantidade de Mg foi bastante mais elevada nas plantas dos tratamentos DLRS, DLFE e DLRSFE (0,25-0,52 g/vaso) do que nas plantas dos tratamentos DL (0,12 g/vaso) e FE2 (0,11 g/vaso). A menor quantidade de Mg foi verificada nas plantas do tratamento RS (0,05 g/vaso) e que foi superior à observada nas plantas do tratamento TE (0,08 g/vaso).

**Quadro 9-** Quantidade de nutrientes (g/vaso) acumulados na biomassa de milhões de tratamentos do ensaio em vaso (S) sem e (C) com ureia 154 dias após a sementeira em 2010/11. Os tratamentos são os mencionados no Quadro 8.

Trat	N		P		Ca		Mg		K	
	S	C	S	C	S	C	S	C	S	C
TE	0,32	-	0,10	-	0,09	-	0,08	-	0,37	-
FE1	1,41	0,87	0,34	0,33	0,07	0,10	0,08	0,06	2,08	2,34
FE2	1,25	1,69	0,37	0,38	0,16	0,22	0,11	0,13	2,69	3,27
RS	0,17	0,20	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,41	0,25
DL	0,20	0,38	0,06	0,10	0,06	0,15	0,12	0,28	0,17	0,28
DLFE	0,62	0,83	0,19	0,43	0,22	0,39	0,38	0,94	0,47	1,75
DLRS	0,56	0,85	0,09	0,26	0,18	0,32	0,25	0,67	0,27	0,94
DLRSFE	0,99	1,67	0,33	0,40	0,28	0,44	0,52	0,68	1,31	1,48

A quantidade de K foi mais elevada nas plantas dos tratamentos FE1 e FE2 (2,08 e 2,69 g/vaso respectivamente) do que nas plantas dos outros tratamentos (0,17-1,31 g/vaso). A menor quantidade foi observada nas plantas dos tratamentos DL e DLRS (0,17 e 0,27 g/vaso, respectivamente) e

que foi superada pela acumulada nas plantas dos tratamentos TE (0,37 g/vaso) e RS (0,41 g/vaso).

No ensaio com ureia de cobertura (Quadro 9), a quantidade de nutrientes na biomassa das plantas de milho nos diferentes tratamentos apresentou de uma forma geral um padrão semelhante ao referido anteriormente (Quadro 9). Porém, as plantas com ureia de cobertura acumularam quantidades superiores de nutrientes, nomeadamente nos tratamentos DL, DLFE, DLRS e DLRSFE.

A quantidade de nutrientes e a biomassa das plantas na modalidade sem cobertura com ureia (Quadro 10) apresentaram correlações significativas ( $p < 0,05$ ) no caso do N ( $r = 0,799$ ), do P ( $r = 0,8619$ ) e do Ca ( $r = 0,822$ ), ao passo que no ensaio com aplicação de ureia apenas aconteceu com o P ( $r = 0,747$ ) e com o Ca ( $r = 0,790$ ).

No caso do ensaio sem ureia, não se observou qualquer correlação significativa entre a concentração de nutrientes e a quantidade de nutrientes nas plantas; no ensaio com ureia apenas se observaram correlações significativas ( $p < 0,05$ ) no caso do Mg ( $r = 0,822$ ) e do K ( $r = 0,877$ ) (Quadro 10).

**Quadro 10** - Correlações entre quantidade de nutrientes e a biomassa das plantas e entre a quantidade de nutrientes na biomassa e a concentração de nutrientes na biomassa das plantas de milho, 154 dias após a sementeira, no ensaio de 2010/2011.

N	P	Ca	Mg	K
<b>Quantidade de nutriente e biomassa (g/vaso) sem ureia</b>				
$r = 0,799; p < 0,05$	$r = 0,861; p < 0,05$	$r = 0,822; p < 0,05$	$r = 0,688; p > 0,05$	$r = 0,652; p > 0,05$
<b>Quantidade de nutriente e biomassa (g /vaso) com ureia</b>				
$r = 0,649; p > 0,05$	$r = 0,747; p < 0,05$	$r = 0,794; p < 0,05$	$r = 0,690; p > 0,05$	$r = 0,417; p > 0,05$
<b>Quantidade de nutriente (g /vaso) e concentração de nutrientes (mg g<sup>-1</sup>) sem ureia</b>				
$r = 0,645; p > 0,05$	$r = 0,445; p > 0,05$	$r < 0,00; p > 0,05$	$r = 0,511; p > 0,05$	$r = 0,697; p > 0,05$
<b>Quantidade de nutriente (g/vaso) e concentração de nutrientes (mg g<sup>-1</sup>) com ureia</b>				
$r = 0,610; p > 0,05$	$r = 0,538; p > 0,05$	$r = 0,369; p > 0,05$	$r = 0,822; p < 0,05$	$r = 0,877; p < 0,05$

A diferença entre a quantidade de N nas plantas dos tratamentos e a testemunha no ensaio em vasos sem ureia de cobertura foi negativa nos tratamentos RS e DL (Quadro 11) e variou entre 0,24 e 1,09 g/vaso nos outros tratamentos, sendo a mais elevada observada nos tratamentos FE1 e FE2 (0,93 e 1,09 g/vaso, respectivamente). Assim, a proporção de N



acumulado nas plantas dos tratamentos relativamente à quantidade de N aplicado no solo foi negativo nas plantas do tratamento RS (Quadro 11) e variou entre 61-1090% nos outros tratamentos, sendo o mais elevado observada nas plantas do tratamento FE1 (1090 %).

A formação de biomassa nas plantas por unidade N na biomassa variou entre 68 e 162 (Quadro 11), sendo o valor nos tratamentos FE1 e FE2 (68 e 103, respectivamente) menor do que nos outros tratamentos.

O acréscimo de biomassa por unidade de N aplicado no ensaio em vasos sem ureia de cobertura foi negativo no tratamento RS (Quadro 11) e variou entre 100 e 528 nos outros tratamentos, sendo os valores mais elevados observados nos tratamentos FE1 e FE2 (528 e 405, respectivamente).

**Quadro 11** - Biomassa (BM), azoto aplicado nos tratamentos (Ns), azoto nas plantas (Np), diferença entre o N nas plantas dos tratamentos e da testemunha ( $\Delta Np$ ), razão entre a diferença do azoto na planta e a diferença do azoto aplicado no solo ( $\Delta Np/\Delta Ns$ ), eficiência da formação de biomassa por unidade de N na biomassa ( $BM\ g^{-1}\ N\ BM$ ) e razão entre a diferença da biomassa e a diferença do N aplicado no solo ( $\Delta BM/\Delta Ns$ ) no ensaio em vaso sem ureia.

Trat	BM	$\Delta BM$	Ns	Np	$\Delta Np$	$\Delta Np/\Delta Ns$	$BM\ g^{-1}\ N\ BM$	$\Delta BM/\Delta Ns$
	g/v	g/v	g/v	g/v	g/v	%		
TE	43,7	-	-	0,32	-	-	137	-
FE1	96,5	52,8	0,10	1,41	1,09	1090	68	528
FE2	128,8	85,1	0,21	1,25	0,93	443	103	405
RS	20,4	-23,3	0,39	0,17	-0,15	-39	120	-60
DL	27,3	-16,4	-	0,20	-0,12	-	137	-
DLFE2	100,3	56,6	0,21	0,62	0,30	142	162	270
DLRS	82,5	38,8	0,39	0,56	0,24	61	147	100
DLRSFE2	159,5	115,8	0,60	0,99	0,67	112	161	193

$\Delta Ns$  – diferença entre o N aplicado em cada tratamento e o aplicado na testemunha.

O acréscimo de biomassa por unidade de N aplicado no ensaio em vasos sem ureia de cobertura foi negativo no tratamento RS (Quadro 11) e variou entre 100 e 528 nos outros tratamentos, sendo os valores mais elevados observados nos tratamentos FE1 e FE2 (528 e 405, respectivamente).

### 3.3.1.1.2 - Ano agrícola 2011/2012

#### ***Crescimento das plantas***

As plantas apresentaram, 53 dias após a sementeira, algumas diferenças entre os tratamentos (Quadro 12). A altura das plantas dos tratamentos FE1, FE2, DLFE, DLRS e DLRSFE (63,3-76,7 cm) não apresentava diferenças significativas, mas era significativamente mais elevada do que a observada nos tratamentos TE (49,7 cm), RS (51,3 cm) e DL (48,3 cm), o que apresentava as plantas com menor altura.

A altura das plantas do tratamento FE1 era menor (66,3 cm) do que a do tratamento FE2 (73,3 cm), mas a diferença não era significativa. O comprimento das folhas das plantas dos diferentes tratamentos não apresentava diferenças significativas (Quadro 12). O mesmo se observou quanto à largura e à área das folhas.

**Quadro 12** -Valores (média  $\pm$  1 desvio padrão; n=4) da altura (AL), do comprimento (CF), da largura (LF) e da área foliar (AF) da folha das plantas de milho, 53 dias após a sementeira. Os tratamentos são os citados no (Quadro 8).

Tratamentos	AL	CF	LF	AF
	-----cm-----			cm <sup>2</sup>
TE	49,7 $\pm$ 0,5 <sup>ac</sup>	74,0 $\pm$ 4,3 <sup>a</sup>	3,1 $\pm$ 0,1 <sup>a</sup>	231,5 $\pm$ 10,3 <sup>a</sup>
FE1	66,3 $\pm$ 3,3 <sup>ab</sup>	85,7 $\pm$ 6,6 <sup>a</sup>	4,1 $\pm$ 0,7 <sup>a</sup>	350,6 $\pm$ 47,9 <sup>a</sup>
FE2	73,3 $\pm$ 6,2 <sup>b</sup>	81,7 $\pm$ 20,3 <sup>a</sup>	4,2 $\pm$ 0,2 <sup>a</sup>	345,6 $\pm$ 94,9 <sup>a</sup>
RS	51,3 $\pm$ 4,2 <sup>ac</sup>	75,7 $\pm$ 11,4 <sup>a</sup>	3,6 $\pm$ 0,0 <sup>a</sup>	272,4 $\pm$ 41,2 <sup>a</sup>
DL	48,3 $\pm$ 6,2 <sup>c</sup>	74,0 $\pm$ 9,4 <sup>a</sup>	3,2 $\pm$ 0,0 <sup>a</sup>	234,7 $\pm$ 32,8 <sup>a</sup>
DLFE	76,7 $\pm$ 4,7 <sup>b</sup>	88,0 $\pm$ 8,5 <sup>a</sup>	4,3 $\pm$ 0,3 <sup>a</sup>	376,9 $\pm$ 56,8 <sup>a</sup>
DLRS	71,6 $\pm$ 8,5 <sup>b</sup>	77,3 $\pm$ 7,7 <sup>a</sup>	4,2 $\pm$ 0,5 <sup>a</sup>	306,1 $\pm$ 44,2 <sup>a</sup>
DLRSFE	70,0 $\pm$ 0,0 <sup>b</sup>	85,0 $\pm$ 8,6 <sup>a</sup>	3,3 $\pm$ 0,5 <sup>a</sup>	279,8 $\pm$ 45,3 <sup>a</sup>

Letras diferentes na mesma coluna representam diferenças significativas (p <0,05) entre tratamentos pelo teste de Tukey.

No ensaio com aplicação de ureia (Quadro 13), a altura das plantas de cada um dos tratamentos era da ordem de grandeza da determinada no mesmo tratamento sem ureia, não se observando diferenças significativas em qualquer deles. Padrão semelhante foi observado para o comprimento, para a largura e para a área das folhas.

No ensaio sem ureia de cobertura (Quadro 14), 88 dias após a sementeira, a altura das plantas não apresentou diferenças significativas entre os tratamentos FE1, FE2, DLFE e DLRSFE (186,0-215,7 cm), mas a

altura das plantas destes tratamentos era significativamente mais elevada do que a das plantas dos tratamentos TE (99,0 cm, DLRS (108,0 cm), DL (128,3 cm) e RS (134,3 cm). A altura das plantas do tratamento FE1 era menor (186,0 cm) do que das plantas do tratamento FE2 (215,7 cm), mas a diferença não era significativa. O comprimento das folhas das plantas do tratamento RS apresentou os menores valores (86,7 cm), os quais foram significativamente inferiores aos determinados para as plantas do tratamento DLFE (101,7 cm), que apresentaram o valor mais elevado (Quadro 14); o comprimento das folhas das plantas dos tratamentos RS e FE1 foi inferior ao observado no tratamento TE (90,0 cm).

**Quadro 13** - Valores (média  $\pm$  1 desvio padrão; n=4) da altura (AL), do comprimento (CF), da largura (LF) e da área foliar (AF) das folhas das plantas de milho nos tratamentos sem (S) ou com (C) cobertura de ureia, 53 dias após a sementeira. Os tratamentos são os referidos no (Quadro 8).

Tratamentos	AL	CF	LF	AF
	cm			cm <sup>2</sup>
FE1/S	66,3 $\pm$ 3,3 <sup>a</sup>	85,7 $\pm$ 6,6 <sup>a</sup>	4,1 $\pm$ 0,7 <sup>a</sup>	350,6 $\pm$ 47,9 <sup>a</sup>
FE1/C	64,0 $\pm$ 9,4 <sup>a</sup>	92,0 $\pm$ 8,6 <sup>a</sup>	4,1 $\pm$ 0,8 <sup>a</sup>	378,9 $\pm$ 109,0 <sup>a</sup>
FE2/S	73,3 $\pm$ 6,2 <sup>a</sup>	81,7 $\pm$ 20,3 <sup>a</sup>	4,2 $\pm$ 0,2 <sup>a</sup>	345,6 $\pm$ 94,9 <sup>a</sup>
FE2/C	69,3 $\pm$ 11,0 <sup>a</sup>	95,6 $\pm$ 8,1 <sup>a</sup>	4,1 $\pm$ 0,2 <sup>a</sup>	398,1 $\pm$ 31,3 <sup>a</sup>
RS/S	51,3 $\pm$ 4,2 <sup>a</sup>	75,7 $\pm$ 11,4 <sup>a</sup>	3,6 $\pm$ 0,0 <sup>a</sup>	272,4 $\pm$ 41,2 <sup>a</sup>
RS/C	48,7 $\pm$ 11,5 <sup>a</sup>	48,6 $\pm$ 11,5 <sup>a</sup>	3,7 $\pm$ 0,2 <sup>a</sup>	284,2 $\pm$ 35,8 <sup>a</sup>
DL/S	48,3 $\pm$ 6,2 <sup>a</sup>	74,0 $\pm$ 9,4 <sup>a</sup>	3,2 $\pm$ 0,0 <sup>a</sup>	234,7 $\pm$ 32,8 <sup>a</sup>
DL/C	67,3 $\pm$ 12,7 <sup>a</sup>	73,6 $\pm$ 7,3 <sup>a</sup>	3,9 $\pm$ 0,5 <sup>a</sup>	285,2 $\pm$ 21,7 <sup>b</sup>
DLFE/S	76,7 $\pm$ 4,7 <sup>a</sup>	88,0 $\pm$ 8,5 <sup>a</sup>	4,3 $\pm$ 0,3 <sup>a</sup>	376,9 $\pm$ 56,8 <sup>a</sup>
DLFE/C	77,3 $\pm$ 12,5 <sup>a</sup>	101,6 $\pm$ 2,8 <sup>a</sup>	4,4 $\pm$ 1,1 <sup>a</sup>	425,5 $\pm$ 128,3 <sup>a</sup>
DLRS/S	71,6 $\pm$ 8,5 <sup>a</sup>	77,3 $\pm$ 7,7 <sup>a</sup>	4,2 $\pm$ 0,5 <sup>a</sup>	306,1 $\pm$ 44,2 <sup>a</sup>
DLRS/C	66,6 $\pm$ 2,8 <sup>a</sup>	78,6 $\pm$ 5,5 <sup>a</sup>	3,6 $\pm$ 0,3 <sup>a</sup>	286,9 $\pm$ 44,8 <sup>a</sup>
DLRSFE/S	70,0 $\pm$ 0,0 <sup>a</sup>	85,0 $\pm$ 8,6 <sup>a</sup>	3,3 $\pm$ 0,5 <sup>a</sup>	279,8 $\pm$ 45,3 <sup>a</sup>
DLRSFE/C	79,0 $\pm$ 12,7 <sup>a</sup>	102,3 $\pm$ 6,8 <sup>a</sup>	5,1 $\pm$ 0,9 <sup>a</sup>	525,3 $\pm$ 69,6 <sup>a</sup>

Letras diferentes na mesma coluna para cada par de tratamentos (S e C) representam diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) pelo teste de Student.

A largura das folhas das plantas dos diversos tratamentos não apresentou diferenças significativas mas os menores valores (3,9-4,1 cm) foram observados nas plantas da testemunha (tratamento TE) e dos

tratamentos com aplicação de resíduos (RS e DLRS) (Quadro 14). Padrão semelhante foi observado para a área das folhas das plantas dos diversos tratamentos (Quadro 14).

**Quadro 14** - Valores (média  $\pm$  1 desvio padrão; n=4) da altura (AL), do comprimento (CF), da largura (LF), bem como a área foliar (AF) da folha das plantas de milho dos diversos tratamentos (sem aplicação de cobertura), 88 dias (final do ensaio) após a sementeira. Os tratamentos são os referidos no Quadro 8.

Tratamentos	AL	CF	LF	AF
	-----cm-----			cm <sup>2</sup>
TE	99,0 $\pm$ 11,9 <sup>a</sup>	90,0 $\pm$ 5,9 <sup>ab</sup>	4,0 $\pm$ 0,2 <sup>a</sup>	359,3 $\pm$ 16,5 <sup>a</sup>
FE1	186,0 $\pm$ 12,3 <sup>bc</sup>	88,9 $\pm$ 1,5 <sup>ab</sup>	4,4 $\pm$ 0,5 <sup>a</sup>	393,9 $\pm$ 43,7 <sup>a</sup>
FE2	215,7 $\pm$ 20,3 <sup>b</sup>	91,0 $\pm$ 1,4 <sup>ab</sup>	4,5 $\pm$ 0,4 <sup>a</sup>	406,8 $\pm$ 42,6 <sup>a</sup>
RS	134,3 $\pm$ 12,3 <sup>cad</sup>	86,7 $\pm$ 2,3 <sup>a</sup>	4,1 $\pm$ 0,3 <sup>a</sup>	358,0 $\pm$ 21,2 <sup>a</sup>
DL	128,3 $\pm$ 15,1 <sup>cab</sup>	90,0 $\pm$ 6,5 <sup>ab</sup>	4,2 $\pm$ 0,6 <sup>a</sup>	379,0 $\pm$ 84,9 <sup>a</sup>
DLFE	209,0 $\pm$ 25,7 <sup>b</sup>	101,7 $\pm$ 1,8 <sup>b</sup>	4,3 $\pm$ 0,9 <sup>a</sup>	432,6 $\pm$ 82,3 <sup>a</sup>
DLRS	108,7 $\pm$ 9,0 <sup>da</sup>	92,7 $\pm$ 5,1 <sup>ab</sup>	3,9 $\pm$ 0,9 <sup>a</sup>	358,0 $\pm$ 76,1 <sup>a</sup>
DLRSFE	188,0 $\pm$ 39,0 <sup>bc</sup>	98,0 $\pm$ 2,9 <sup>ab</sup>	4,1 $\pm$ 0,3 <sup>a</sup>	401,0 $\pm$ 18,7 <sup>a</sup>

Letras diferentes na mesma coluna representam diferenças significativas (p < 0,05) entre tratamentos pelo teste de Tukey.

No ensaio em vasos com aplicação de ureia de cobertura (Quadro 15), 88 dias após a sementeira, os parâmetros de crescimento das plantas de milho apresentaram diferenciação semelhante à observada no caso em que não se aplicou ureia. Mas, generalizadamente nos tratamentos com aplicação de ureia as plantas apresentaram altura mais elevada do que nos tratamentos sem essa aplicação; no entanto, a diferença apenas foi significativa no caso do tratamento DLRS, em que a altura das plantas com cobertura (212,6 cm) quase que duplicou relativamente àquelas que não foram sujeitas a fertilização de cobertura (108,7 cm).

O comprimento das folhas das plantas dos tratamentos FE1, FE2 e RS com aplicação de ureia (100,0-101,6 cm) foi significativamente mais elevado do que nos mesmos tratamentos sem aplicação de ureia (86,7-91,0 cm).

De uma forma geral no ensaio em vasos com ureia de cobertura a largura das folhas das plantas de qualquer dos tratamentos foi maior do que no tratamento homólogo sem fertilização de cobertura (Quadro 15). No entanto não se observaram quaisquer diferenças significativas no caso da largura e da área das folhas. Padrão semelhante foi observado para a área das folhas das plantas dos diversos tratamentos (Quadro 15).

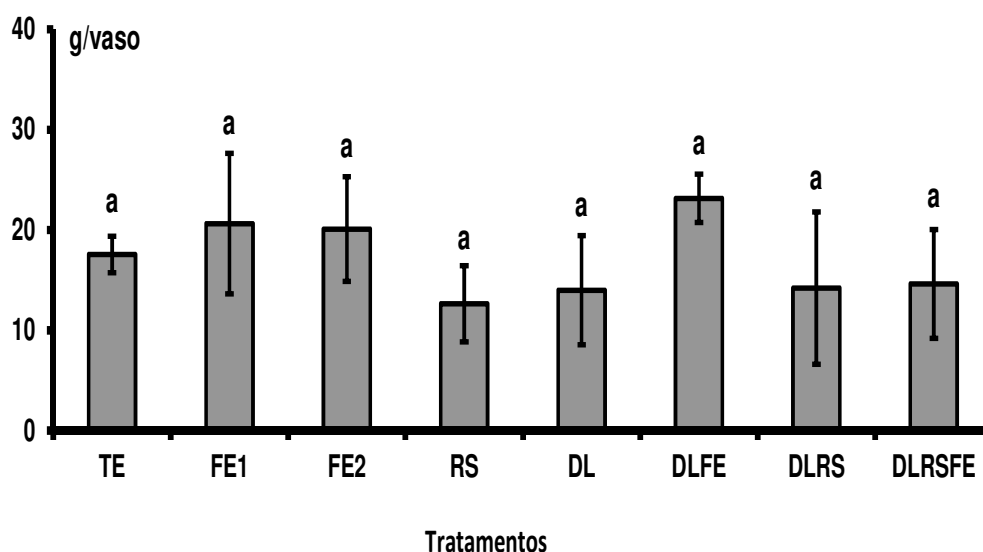
**Quadro 15** - Valores (média  $\pm$  1 desvio padrão; n=4) da altura (AL), do comprimento (CF), da largura (LF), bem como a área foliar (AF) das folhas das plantas de milho sem (S) ou com (C) aplicação de ureia, 88 dias após a sementeira (final do ensaio). Os tratamentos são os mencionados no Quadro 8.

Tratamentos	AL	CF	LF	AF
	-----cm-----			cm <sup>2</sup>
FE1/S	186,0 $\pm$ 12,3 <sup>a</sup>	88,9 $\pm$ 1,5 <sup>a</sup>	4,4 $\pm$ 0,5 <sup>a</sup>	393,9 $\pm$ 43,7 <sup>a</sup>
FE1/C	213,3 $\pm$ 36,6 <sup>a</sup>	100,0 $\pm$ 2,0 <sup>b</sup>	5,8 $\pm$ 1,6 <sup>a</sup>	578,5 $\pm$ 158,0 <sup>a</sup>
FE2/S	215,7 $\pm$ 20,3 <sup>a</sup>	91,0 $\pm$ 1,4 <sup>a</sup>	4,5 $\pm$ 0,4 <sup>a</sup>	406,8 $\pm$ 42,6 <sup>a</sup>
FE2/C	219,7 $\pm$ 26,8 <sup>a</sup>	101,6 $\pm$ 3,0 <sup>b</sup>	5,0 $\pm$ 1,0 <sup>a</sup>	513,6 $\pm$ 95,4 <sup>a</sup>
RS/S	134,3 $\pm$ 12,3 <sup>a</sup>	86,7 $\pm$ 2,3 <sup>a</sup>	4,1 $\pm$ 0,3 <sup>a</sup>	358,0 $\pm$ 21,2 <sup>a</sup>
RS/C	142,6 $\pm$ 28,7 <sup>a</sup>	100,3 $\pm$ 1,5 <sup>b</sup>	4,7 $\pm$ 0,8 <sup>a</sup>	478,1 $\pm$ 86,7 <sup>a</sup>
DL/S	128,3 $\pm$ 15,1 <sup>a</sup>	90,0 $\pm$ 6,5 <sup>a</sup>	4,2 $\pm$ 0,6 <sup>a</sup>	379,0 $\pm$ 84,9 <sup>a</sup>
DL/C	154,9 $\pm$ 4,4 <sup>a</sup>	87,3 $\pm$ 10,6 <sup>a</sup>	4,4 $\pm$ 0,6 <sup>a</sup>	386,5 $\pm$ 92,2 <sup>a</sup>
DLFE/S	209,0 $\pm$ 25,7 <sup>a</sup>	101,7 $\pm$ 1,8 <sup>a</sup>	4,3 $\pm$ 0,9 <sup>a</sup>	432,6 $\pm$ 82,3 <sup>a</sup>
DLFE/C	222,6 $\pm$ 5,7 <sup>a</sup>	97,6 $\pm$ 4,5 <sup>a</sup>	4,6 $\pm$ 0,7 <sup>a</sup>	455,7 $\pm$ 72,7 <sup>a</sup>
DLRS/S	108,7 $\pm$ 9,0 <sup>a</sup>	92,7 $\pm$ 5,1 <sup>a</sup>	3,9 $\pm$ 0,9 <sup>a</sup>	358,0 $\pm$ 76,1 <sup>a</sup>
DLRS/C	212,6 $\pm$ 12,0 <sup>b</sup>	88,3 $\pm$ 2,5 <sup>a</sup>	4,0 $\pm$ 0,5 <sup>a</sup>	353,8 $\pm$ 51,1 <sup>a</sup>
DLRSFE/S	188,0 $\pm$ 39,0 <sup>a</sup>	98,0 $\pm$ 2,9 <sup>a</sup>	4,1 $\pm$ 0,3 <sup>a</sup>	401,0 $\pm$ 18,7 <sup>a</sup>
DLRSFE/C	198,3 $\pm$ 45,3 <sup>a</sup>	102,2 $\pm$ 2,1 <sup>a</sup>	5,1 $\pm$ 0,6 <sup>a</sup>	525,5 $\pm$ 74,0 <sup>a</sup>

Letras diferentes na mesma coluna para cada par tratamentos (C e S) representam diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) pelo teste de Studen

### ***Biomassa das plantas de milho***

A biomassa das plantas de milho (peso seco a 80 °C) na modalidade sem aplicação de ureia de cobertura (Figura 26; Anexo 3.2) apresentou, 88 dias após a sementeira, valores menores nos tratamentos RS, DL, DLRSFE, DLRSFE e TE (12,65, 13,99, 14,21, 14,61 e 17,55 g/vaso, respectivamente) do que nos tratamentos FE1, FE2 e DLFE (20,08, 20,63 e 23,15 g/vaso, respectivamente). No entanto, os tratamentos RS e DL patentearam valor mais baixo (12,65 e 13,99 g/vaso, respectivamente) do que no tratamento TE (17,55 g/vaso); apesar dessas diferenças não se verificaram diferenças significativas entre os diversos tratamentos.



**Figura 26** – Valores de massa (g/vase) das plantas de milho (peso seco a 80°C) nos diversos tratamentos do ensaio em vasos sem aplicação de ureia, 88 dias depois da semeadura (2011/2012). As barras representam o erro padrão. Tratamentos como na Figura 25.

**Quadro 16** - Valores (média  $\pm$  1 desvio padrão; n=4) da biomassa das plantas de milho dos diferentes tratamentos sem (S) ou com (C) aplicação de ureia, 88 dias após a semeadura (final do ensaio). Os tratamentos como no Quadro 8.

Tratamentos	Biomassa (g/vase)
FE1/S	22,79 $\pm$ 4,30 <sup>a</sup>
FE1/C	20,63 $\pm$ 7,00 <sup>a</sup>
FE2/S	20,08 $\pm$ 5,21 <sup>a</sup>
FE2/C	19,35 $\pm$ 4,62 <sup>a</sup>
RS/S	12,65 $\pm$ 3,80 <sup>a</sup>
RS/C	20,35 $\pm$ 4,31 <sup>a</sup>
DL/S	13,99 $\pm$ 5,44 <sup>a</sup>
DL/C	17,27 $\pm$ 4,42 <sup>a</sup>
DLFE/S	23,15 $\pm$ 2,42 <sup>a</sup>
DLFE/C	23,37 $\pm$ 1,86 <sup>a</sup>
DLRS/S	14,21 $\pm$ 7,60 <sup>a</sup>
DLRS/C	28,87 $\pm$ 9,44 <sup>b</sup>
DLRSFE/S	14,61 $\pm$ 5,43 <sup>a</sup>
DLRSFE/C	26,64 $\pm$ 5,90 <sup>b</sup>

Letras diferentes para cada par de tratamentos (S e C) representam diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) pelo teste de Student.

Na modalidade com ureia de cobertura, 88 dias após a semeadura (Quadro 16; Anexos 3.2), exceptuando os tratamentos FE1 e FE2, a biomassa das plantas dos tratamentos era superior à determinada nos

tratamentos homólogos sem aplicação de ureia. Apenas no caso dos tratamentos DLRSFE e DLRS (26,64 e 28,87 g/vaso, respectivamente) a biomassa foi significativamente mais elevada na modalidade com aplicação de ureia.

### **Concentração de nutrientes na biomassa**

A concentração de nutrientes (N, P, Ca, Mg e K) nas plantas de milho no ano agrícola de 2011/2012 encontra-se no (Quadros 17).

O teor de N não apresentou diferenças significativas entre os diversos tratamentos, mas os valores determinados nas plantas dos tratamentos TE e DL (7,08 e 7,71 mg g<sup>-1</sup>, respectivamente) foram inferiores aos determinados nos outros tratamentos (9,74-12,58 mg g<sup>-1</sup>).

O teor de P nas plantas dos tratamentos TE (1,18 mg g<sup>-1</sup>) e FE1 (1,24 mg g<sup>-1</sup>) foi significativamente menor do que o observado nos tratamentos RS (2,12 mg g<sup>-1</sup>) e DLRSFE (2,58 mg g<sup>-1</sup>). O teor de P das plantas do tratamento FE1 era menor (1,24 mg g<sup>-1</sup>) do que das plantas do tratamento FE2 (1,72 mg g<sup>-1</sup>), mas a diferença não era significativa (Quadro 17).

**Quadro 17** -Concentração (mg g<sup>-1</sup>) de N, P, Ca, Mg e K na biomassa de milho dos tratamentos sem aplicação de ureia, 88 dias após a sementeira (2011/2012). Os tratamentos são os referidos no Quadro 8.

Trat	N	P	Ca	Mg	K
TE	7,08±0,49 <sup>a</sup>	1,18±0,09 <sup>a</sup>	2,57±0,27 <sup>a</sup>	1,40±0,09 <sup>a</sup>	7,88±0,67 <sup>a</sup>
FE1	9,74±2,11 <sup>a</sup>	1,24±0,09 <sup>a</sup>	3,22±0,42 <sup>a</sup>	1,87±0,26 <sup>a</sup>	8,64±1,13 <sup>ac</sup>
FE2	11,79±2,24 <sup>a</sup>	1,72±0,29 <sup>ab</sup>	3,96±0,70 <sup>a</sup>	2,41±0,30 <sup>a</sup>	11,15±1,54 <sup>ac</sup>
RS	12,58±4,37 <sup>a</sup>	2,12±0,17 <sup>bc</sup>	3,95±1,50 <sup>a</sup>	2,67±0,58 <sup>a</sup>	16,13±0,85 <sup>b</sup>
DL	7,71±1,79 <sup>a</sup>	2,09±0,62 <sup>abc</sup>	2,82±0,43 <sup>a</sup>	3,55±0,99 <sup>b</sup>	8,76±1,66 <sup>ab</sup>
DLFE	9,75±2,33 <sup>a</sup>	1,85±0,33 <sup>abc</sup>	3,60±0,81 <sup>a</sup>	5,73±0,93 <sup>b</sup>	11,58±3,15 <sup>ac</sup>
DLRS	12,08±3,02 <sup>a</sup>	1,87±0,32 <sup>abc</sup>	2,77±0,27 <sup>a</sup>	4,67±0,77 <sup>b</sup>	11,19±1,00 <sup>ac</sup>
DLRSFE	11,03±3,20 <sup>a</sup>	2,58±0,70 <sup>c</sup>	3,81±0,75 <sup>a</sup>	5,70±0,60 <sup>b</sup>	15,85±4,21 <sup>cb</sup>

Letras diferentes na mesma coluna representam diferenças significativas (p <0,05) entre tratamentos pelo teste de Tukey.

O teor de Ca não apresentou diferenças significativas entre os diversos tratamentos; no entanto, os menores valores (2,57 mg g<sup>-1</sup>) foram observados nas plantas do tratamento testemunha (TE) e os maiores no tratamento FE2.

O teor de Mg nos tratamentos com aplicação de calcário dolomítico (DL, DLFE, DLRS e DLRSFE (3,55-5,73 mg g<sup>-1</sup>) foi significativamente mais elevado do que o observado nas plantas dos outros tratamentos (1,40-2,67 mg g<sup>-1</sup>); o teor mais baixo foi observado nas plantas do tratamento testemunha. O teor

de Mg nas plantas do tratamento FE1 era menor ( $1,87 \text{ mg g}^{-1}$ ) do que das plantas do tratamento FE2 ( $2,41 \text{ mg g}^{-1}$ ), mas a diferença não era significativa (Quadro 17).

O teor de K na biomassa das plantas do tratamento TE ( $7,88 \text{ mg g}^{-1}$ ) foi menor do que em qualquer dos outros e significativamente menor do que nos tratamentos RS e DLRSFE. O teor de K nas plantas dos tratamentos FE1, FE2, DLFE e DLRS foi significativamente inferior ao observado no tratamento RS. O teor de K nas plantas do tratamento FE1 ( $8,64 \text{ mg g}^{-1}$ ) era menor do que das plantas do tratamento FE2 ( $11,15 \text{ mg g}^{-1}$ ), mas a diferença não era significativa (Quadro 17).

Generalizadamente a concentração de N foi sempre superior nos tratamentos com aplicação de ureia de cobertura do que nos tratamentos homólogos sem essa aplicação (Quadro 18), mas a diferença só foi significativa no caso dos tratamentos FE1, FE2, DL e DLFE.

Exceptuando os tratamentos com fertilizante (FE1 e FE2), a concentração de P foi mais elevada nos tratamentos das plantas sem aplicação de ureia de cobertura do que nos tratamentos homólogos com essa aplicação (Quadro 18); mas a diferença foi significativa apenas no caso do tratamento RS.

Os tratamentos com aplicação de ureia de cobertura (Quadro 18), com exceção dos tratamentos RS e DLRSFE, apresentaram concentração de Ca mais elevada do que nos mesmos sem essa aplicação; as diferenças foram significativas apenas no caso dos tratamentos FE1 e DL. Exceptuando o tratamento FE2, o padrão observado para a concentração de Mg nos diferentes pares tratamentos foi semelhante ao observado para a concentração de Ca referida anteriormente.

Ao contrário do observado para o N, a concentração de K foi sempre superior nas plantas dos tratamentos sem aplicação de ureia de cobertura (Quadro 18) do que naqueles com essa aplicação, mas as diferenças apenas foram significativas no caso das plantas dos tratamentos DL, FE2 e RS.

Nos Quadros 19 e 20 apresentam-se os resultados referentes à quantidade de nutrientes (N, P, Ca, Mg e K) acumuladas nas plantas de milho



no ensaio em vasos sem ureia 88 dias após a sementeira no agrícola de 2011/2012.

**Quadro 18** -Concentração (mg g<sup>-1</sup>) de N, P, Ca, Mg e K na biomassa de milho dos tratamentos sem (S) e com (C) aplicação de ureia, 88 dias após a sementeira (2011/2012). Tratamentos como no Quadro 8.

Trat	N	P	Ca	Mg	K
<b>FE1/S</b>	9,74±2,11 <sup>a</sup>	1,24±0,09 <sup>a</sup>	3,22±0,42 <sup>a</sup>	1,87±0,26 <sup>a</sup>	8,64±1,13 <sup>a</sup>
<b>FE1/C</b>	16,93±3,82 <sup>b</sup>	1,63±0,26 <sup>b</sup>	4,21±0,46 <sup>b</sup>	2,11±0,16 <sup>b</sup>	7,82±2,30 <sup>a</sup>
<b>FE2/S</b>	11,79±2,24 <sup>a</sup>	1,72±0,29 <sup>a</sup>	3,96±0,70 <sup>a</sup>	2,41±0,30 <sup>a</sup>	11,15±1,54 <sup>b</sup>
<b>FE2/C</b>	19,57±1,28 <sup>b</sup>	1,84±0,19 <sup>a</sup>	4,18±0,58 <sup>a</sup>	2,11±0,18 <sup>a</sup>	8,79±1,17 <sup>a</sup>
<b>RS/S</b>	12,58±4,37 <sup>a</sup>	2,12±0,17 <sup>b</sup>	3,95±1,50 <sup>a</sup>	2,67±0,58 <sup>a</sup>	16,13±0,85 <sup>b</sup>
<b>RS/C</b>	15,68±4,54 <sup>a</sup>	1,47±0,26 <sup>a</sup>	3,41±0,52 <sup>a</sup>	2,48±0,46 <sup>a</sup>	10,73±2,08 <sup>a</sup>
<b>DL/S</b>	7,71±1,79 <sup>a</sup>	2,09±0,62 <sup>a</sup>	2,82±0,43 <sup>a</sup>	3,55±0,99 <sup>a</sup>	8,76±1,66 <sup>b</sup>
<b>DL/C</b>	18,34±2,95 <sup>b</sup>	1,66±0,32 <sup>a</sup>	4,11±0,99 <sup>b</sup>	6,66±1,51 <sup>b</sup>	6,36±1,86 <sup>a</sup>
<b>DLFE/S</b>	9,75±2,33 <sup>a</sup>	1,85±0,33 <sup>a</sup>	3,60±0,81 <sup>a</sup>	5,73±0,93 <sup>a</sup>	11,58±3,15 <sup>a</sup>
<b>DLFE/C</b>	16,42±1,52 <sup>b</sup>	1,69±0,27 <sup>a</sup>	4,23±0,94 <sup>a</sup>	6,45±0,53 <sup>a</sup>	8,59±1,23 <sup>a</sup>
<b>DLRS/S</b>	12,08±3,02 <sup>a</sup>	1,87±0,32 <sup>a</sup>	2,77±0,27 <sup>a</sup>	4,67±0,77 <sup>a</sup>	11,19±1,00 <sup>a</sup>
<b>DLRS/C</b>	13,21±3,39 <sup>a</sup>	1,46±0,19 <sup>a</sup>	3,32±0,63 <sup>a</sup>	5,27±1,14 <sup>a</sup>	9,08±1,84 <sup>a</sup>
<b>DLRSFE/S</b>	11,03±3,20 <sup>a</sup>	2,58±0,70 <sup>a</sup>	3,81±0,75 <sup>a</sup>	5,70±0,60 <sup>a</sup>	15,85±4,21 <sup>a</sup>
<b>DLRSFE/C</b>	14,68±2,63 <sup>a</sup>	1,99±0,10 <sup>a</sup>	3,32±0,68 <sup>a</sup>	5,07±1,01 <sup>a</sup>	12,05±1,11 <sup>a</sup>

Letras diferentes na mesma coluna para cada par de tratamentos (C e S) representam diferenças significativas (p <0,05) pelo teste de Student.

### **Quantidade de nutrientes na biomassa**

A quantidade de N acumulada nas plantas (Quadro 19) não apresentou diferenças significativas entre os diversos tratamentos, mas os valores determinados nas plantas dos tratamentos TE e DL (0,10 e 0,12 g/vaso respectivamente) foram inferiores aos determinados nas plantas dos outros tratamentos (0,17-0,23 g/vaso).

A quantidade de P acumulada nas plantas foi muito baixa e não apresentou diferenças significativas entre os diversos tratamentos, mas a determinada nas plantas do tratamento TE (0,02 g/vaso) foi menor que a observada nas plantas dos outros tratamentos (0,03-0,04 g/vaso). Padrão semelhante foi observado para a quantidade de Ca acumulada na biomassa das plantas dos diferentes tratamentos ao referido anteriormente.

A quantidade de Mg (Quadro 19) acumulada nas plantas dos tratamentos TE (0,02 g/vaso) e RS (0,03 g/vaso) foi significativamente menor

do que a acumulada nas plantas dos tratamentos DLRSFE (0,09 g/vaso) e DLRS (0,13 g/vaso, respectivamente).

A quantidade de K (Quadro 19) acumulada nas plantas não apresentou diferenças significativas entre os diversos tratamentos, mas os valores determinados nas plantas dos tratamentos em que esse nutriente não foi aplicado (TE e DL, 0,12 e 0,14 g/vaso, respectivamente) foram suplantados pelos determinados nos outros tratamentos (0,20-0,25 g/vaso).

**Quadro 19-** Quantidade de N,P, Ca, Mg e K (g/vaso) acumulada na biomassa de milho (seca a 80°C) nos tratamentos do ensaio em vasos sem ureia, 88 dias após a plantação em 2011/12. Os tratamentos são os referenciados no Quadro 8.

Trat	N	P	Ca	Mg	K
TE	0,12±0,02 <sup>a</sup>	0,02±0,00 <sup>a</sup>	0,04±0,00 <sup>a</sup>	0,02±0,00 <sup>a</sup>	0,14±0,02 <sup>a</sup>
FE1	0,22±0,06 <sup>a</sup>	0,03±0,01 <sup>a</sup>	0,07±0,01 <sup>a</sup>	0,04±0,01 <sup>ac</sup>	0,20±0,04 <sup>a</sup>
FE2	0,23±0,05 <sup>a</sup>	0,03±0,01 <sup>a</sup>	0,08±0,03 <sup>a</sup>	0,05±0,02 <sup>ac</sup>	0,23±0,08 <sup>a</sup>
RS	0,17±0,11 <sup>a</sup>	0,03±0,01 <sup>a</sup>	0,05±0,03 <sup>a</sup>	0,03±0,02 <sup>a</sup>	0,20±0,06 <sup>a</sup>
DL	0,10±0,02 <sup>a</sup>	0,03±0,01 <sup>a</sup>	0,04±0,01 <sup>a</sup>	0,05±0,01 <sup>ac</sup>	0,12±0,04 <sup>a</sup>
DLFE	0,23±0,06 <sup>a</sup>	0,04±0,01 <sup>a</sup>	0,08±0,01 <sup>a</sup>	0,13±0,01 <sup>bc</sup>	0,27±0,10 <sup>a</sup>
DLRS	0,18±0,11 <sup>a</sup>	0,03±0,01 <sup>a</sup>	0,04±0,02 <sup>a</sup>	0,06±0,03 <sup>ac</sup>	0,16±0,09 <sup>a</sup>
DLRSFE	0,18±0,10 <sup>a</sup>	0,04±0,02 <sup>a</sup>	0,06±0,03 <sup>a</sup>	0,09±0,04 <sup>c</sup>	0,25±0,13 <sup>a</sup>

Letras diferentes na mesma coluna representam diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre tratamentos pelo teste de Tukey.

A quantidade de N acumulada na biomassa das plantas de milho foi sempre superior nas plantas dos tratamentos com aplicação de ureia de cobertura do que a acumulada nas plantas dos tratamentos sem essa aplicação (Quadro 20); mas diferenças significativas apenas ocorreram no caso dos tratamentos DL, FE2, DLFE, DLRS e DLRSFE.

A quantidade de P acumulada nas plantas (Quadro 20) foi da mesma ordem de grandeza nos tratamentos com ou sem aplicação de ureia como fertilizante de cobertura, não se observando diferenças significativas em qualquer deles.

A quantidade de Ca acumulada na biomassa das plantas de milho foi de modo geral mais elevada nas plantas dos tratamentos com aplicação de ureia de cobertura (Quadro 20) do que naquelas sem essa cobertura; porém, apenas no caso dos tratamentos DL e DLRSas diferenças foram significativas (Quadro 20). Exceptuando os tratamentos FE1 e FE2, o padrão observado para a quantidade de Mg na biomassa das plantas dos diferentes tratamentos com ou sem areia de cobertura foi o mesmo referido para o Ca.

A quantidade de K acumulada nas plantas dos tratamentos com aplicação de resíduos (RS, DLRS e DLRSFE) foi maior no caso da aplicação de ureia de cobertura; a diferença não foi significativa (Quadro 20). Nos outros tratamentos o padrão foi inverso ao anterior, observando-se diferença significativa apenas no caso do tratamento FE1.

**Quadro 20** -Quantidade de N, P, Ca, Mg e K (g/vaso) acumulada na biomassa de milho (seca a 80°C) tratamentos sem (S) e com (C) aplicação de ureia, 88 dias após a semeadura (2011/2012). Os tratamentos são os mencionados no Quadro 8.

Trat	N	P	Ca	Mg	K
FE1/S	0,22±0,06 <sup>a</sup>	0,03±0,01 <sup>a</sup>	0,07±0,01 <sup>a</sup>	0,04±0,01 <sup>a</sup>	0,20±0,04 <sup>b</sup>
FE1/C	0,36±0,17 <sup>a</sup>	0,03±0,01 <sup>a</sup>	0,09±0,03 <sup>a</sup>	0,04±0,02 <sup>a</sup>	0,15±0,04 <sup>a</sup>
FE2/S	0,23±0,05 <sup>a</sup>	0,03±0,01 <sup>a</sup>	0,08±0,03 <sup>a</sup>	0,05±0,02 <sup>a</sup>	0,23±0,08 <sup>a</sup>
FE2/C	0,37±0,08 <sup>b</sup>	0,04±0,01 <sup>a</sup>	0,08±0,03 <sup>a</sup>	0,04±0,01 <sup>a</sup>	0,17±0,03 <sup>a</sup>
RS/S	0,17±0,11 <sup>a</sup>	0,03±0,01 <sup>a</sup>	0,05±0,03 <sup>a</sup>	0,03±0,02 <sup>a</sup>	0,20±0,06 <sup>a</sup>
RS/C	0,31±0,07 <sup>a</sup>	0,03±0,00 <sup>a</sup>	0,07±0,01 <sup>a</sup>	0,05±0,00 <sup>a</sup>	0,21±0,01 <sup>a</sup>
DL/S	0,10±0,02 <sup>a</sup>	0,03±0,01 <sup>a</sup>	0,04±0,01 <sup>a</sup>	0,05±0,01 <sup>a</sup>	0,12±0,04 <sup>a</sup>
DL/C	0,29±0,02 <sup>b</sup>	0,03±0,00 <sup>a</sup>	0,06±0,01 <sup>b</sup>	0,10±0,00 <sup>b</sup>	0,10±0,01 <sup>a</sup>
DLFE/S	0,23±0,06 <sup>a</sup>	0,04±0,01 <sup>a</sup>	0,08±0,01 <sup>a</sup>	0,13±0,01 <sup>a</sup>	0,27±0,10 <sup>a</sup>
DLFE/C	0,39±0,06 <sup>b</sup>	0,04±0,01 <sup>a</sup>	0,10±0,02 <sup>a</sup>	0,15±0,02 <sup>a</sup>	0,20±0,04 <sup>a</sup>
DLRS/S	0,18±0,11 <sup>a</sup>	0,03±0,01 <sup>a</sup>	0,04±0,02 <sup>a</sup>	0,06±0,03 <sup>a</sup>	0,16±0,09 <sup>a</sup>
DLRS/C	0,39±0,19 <sup>b</sup>	0,04±0,02 <sup>a</sup>	0,10±0,04 <sup>b</sup>	0,16±0,07 <sup>b</sup>	0,26±0,11 <sup>a</sup>
DLRSFE/S	0,18±0,10 <sup>a</sup>	0,04±0,02 <sup>a</sup>	0,06±0,03 <sup>a</sup>	0,09±0,04 <sup>a</sup>	0,25±0,13 <sup>a</sup>
DLRSFE/C	0,39±0,11 <sup>b</sup>	0,05±0,01 <sup>a</sup>	0,09±0,03 <sup>a</sup>	0,14±0,04 <sup>a</sup>	0,32±0,08 <sup>a</sup>

Letras diferentes na mesma coluna para cada par de tratamentos (C e S) representam diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) pelo teste de Student.

Nos tratamentos sem ureia de cobertura (Quadro 21) apenas se observou correlação significativa ( $p < 0,05$ ) entre a quantidade de nutrientes e a concentração de nutrientes no caso do Mg ( $r = 0,8799$ ); no caso daqueles com ureia de cobertura ocorreram correlações significativas ( $p < 0,05$ ) no caso do N ( $r = 0,7683$ ), do P ( $r = 0,8247$ ), do Mg ( $r = 0,9366$ ) e do K ( $r = 0,8989$ ).

A correlação entre a quantidade de nutrientes e a biomassa das plantas na modalidade sem ureia de cobertura (Quadro 21) apenas foi significativa ( $p < 0,05$ ) no caso do N ( $r = 0,5607$ ) e do Ca ( $r = 0,6988$ ); nos tratamentos com ureia de cobertura ocorreram no caso do P ( $r = 0,6101$ ), do Ca ( $r = 0,6101$ ) e do K ( $r = 0,7662$ ).

**Quadro 21** - Correlações entre a quantidade de nutrientes e a biomassa e entre a quantidade de nutrientes (g/vaso) e a concentração de nutrientes na biomassa das plantas de milho 88 dias após a sementeira em 2012.

N	P	Ca	Mg	K
<b>Quantidade de nutriente e biomassa (g /vaso) sem ureia</b>				
r = 0,7488; p< 0,05	r = 0,1515; p> 0,05	r = 0,8359; p< 0,05	r = 0,3452; p> 0,05	r = 0,5252; p> 0,05
<b>Quantidade de nutriente e biomassa (g /vaso) com ureia</b>				
r = 0,630; p> 0,05	r = 0,7446; p< 0,05	r = 0,7810; p< 0,05	r = 0,7014; p> 0,05	r = 0,8753; p< 0,05
<b>Quantidade de nutriente (g/vaso) e concentração de nutrientes (mg g<sup>-1</sup>) sem ureia</b>				
r = 0,4726; p>0,05	r = 0,6834; p>0,05	r = 0,6106; p>0,05	r = 0,8799; p<0,05	r = 0,5214; p>0,05
<b>Quantidade de nutriente (g/vaso) e concentração de nutrientes (mg g<sup>-1</sup>) com ureia</b>				
r = 0,7683; p<0,05	r = 0,8247; p<0,05	r = 0,5710; p>0,05	r = 0,9366; p< 0,05	r = 0,8989; p<0,05

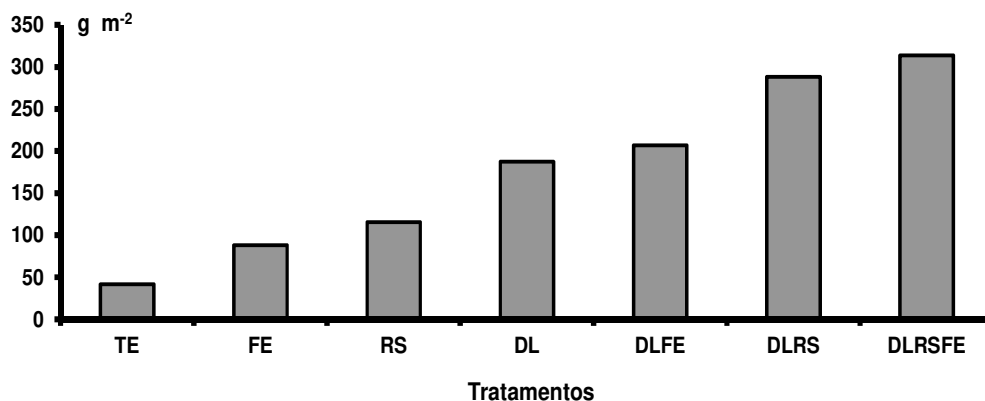
### 3.3.1.2. - Ensaios de campo

#### 3.3.1.2.1 - Ano agrícola 2010/2011

##### ***Biomassa das plantas de milho***

A massa seca no fim do ciclo vegetativo da cultura de milho (149 dias) nos diferentes tratamentos do ensaio de campo, realizado no ano agrícola de 2010/2011, está representada na Figura 27 e Anexo 4.1.

O tratamento TE (41,71 g m<sup>-2</sup>) ostentava valores mais baixos de biomassa de milho do que os tratamentos FE e RS (88,25 e 115,77 g m<sup>-2</sup>, respectivamente). Por sua vez, a biomassa de milho destes tratamentos era menor do que a observada nos tratamentos DL, DLFE, DLRS e DLRSFE (187,55, 206,95, 288,55 e 313,85 g m<sup>-2</sup>, respectivamente). Estes resultados sugerem o efeito benéfico da aplicação de calcário dolomítico na produtividade da cultura, o qual foi acrescido com a aplicação de calcário conjugada com a aplicação de fertilizantes, de resíduos orgânicos isolada ou de ambos.



**Figura27** - Valores de massa ( $\text{g m}^{-2}$ ) das plantas de milho (peso seco a  $80^{\circ}\text{C}$ ) obtidos aos 149 dias após a sementeira nos diversos tratamentos do ensaio de campo no ano agrícola 2010/11. Tratamentos: testemunha (TE), fertilizante (FE), resíduos orgânicos (RS), calcário dolomítico (DL), calcário dolomítico e fertilizante (DLFE), calcário dolomítico e resíduos orgânicos (DLRS) e calcário dolomítico, resíduos orgânicos e fertilizante (DLRSFE).

### **Concentração de nutrientes na biomassa**

No Quadro 22 encontram-se os resultados da concentração de nutrientes na biomassa de milho obtidos aos 149 dias após a sementeira no agrícola de 2010/ 2011.

A concentração de N observada nas plantas do tratamento TE ( $14,48 \text{ mg g}^{-1}$ ), o que apresentava o valor mais baixo de biomassa, foi mais elevada do que nos outros tratamentos ( $10,57\text{-}13,46 \text{ mg g}^{-1}$ ). Pelo contrário, a concentração mais baixa ( $10,57 \text{ mg g}^{-1}$ ) foi observada no tratamento que originou a produtividade mais elevada (tratamento DLRSFE).

A concentração de P seguiu em parte o padrão referido para a concentração de azoto. Mas no caso do P a concentração atingiu os menores valores na biomassa das plantas dos tratamentos DL e FE ( $1,82$  e  $1,87 \text{ mg g}^{-1}$ , respectivamente), variando nos outros entre  $2,01 \text{ mg g}^{-1}$  (tratamento DLRSFE) e  $2,56 \text{ mg g}^{-1}$  (tratamento TE).

A concentração de Ca nas plantas dos tratamentos com aplicação de calcário dolomítico (DL, DLRS, DLFE e DLRSFE) foi mais elevada ( $2,17\text{-}2,53 \text{ mg g}^{-1}$ ) do que nos restantes, mas valores mais baixos foram observados nas plantas dos tratamentos TE e FE ( $1,86$  e  $1,56 \text{ mg g}^{-1}$ , respectivamente).

O padrão observado para a concentração de Ca foi ainda mais acentuado no caso do Mg. De facto, a concentração de Mg determinada nas

plantas dos tratamentos com aplicação de calcário dolomítico foi muito mais elevada (3,57-4,39 mg g<sup>-1</sup>) do que nas plantas dos outros tratamentos (0,89 - 1,52 mg g<sup>-1</sup>).

**Quadro 22** - Concentração de N, P, Ca, Mg e K (mg g<sup>-1</sup>) na biomassa de milho nos tratamentos do ensaio de campo 149 dias após a sementeira em 2010/11. Os tratamentos são os mencionados na Figura 27.

Trat	N	P	Ca	Mg	K
TE	14,48	2,56	1,86	1,47	8,62
FE	13,46	1,87	1,56	0,89	5,59
RS	12,00	2,29	2,11	1,52	8,38
DL	12,15	1,82	2,43	3,79	3,57
DLFE	13,24	2,24	2,17	3,91	4,61
DLRS	12,18	2,24	2,33	3,57	3,91
DLRSFE	10,57	2,01	2,53	4,39	6,99

Sublinha-se que a concentração de Mg mais baixa foi determinada nas plantas do tratamento FE (0,89 mg g<sup>-1</sup>), sendo menor do que nas plantas dos tratamentos TE e RS (1,47 e 1,52 mg g<sup>-1</sup>, respectivamente).

A concentração de K determinada nas plantas dos tratamentos TE e RS (8,62 e 8,38 mg g<sup>-1</sup>, respectivamente) foi mais elevada do que nas plantas dos outros tratamentos (3,57-6,99 mg g<sup>-1</sup>), sendo a concentração mais baixa observada no tratamento DL.

### **Quantidade de nutrientes na biomassa**

No (Quadro 23) estão representadas as quantidades de nutrientes acumuladas na biomassa aos 149 dias após a sementeira.

A quantidade de N acumulada nas plantas dos tratamentos DL, DLRS, DLRS e DLRSFE (2,28-3,51 g m<sup>-2</sup>) foi naturalmente mais elevada do que acumulada nas plantas dos tratamentos TE, FE e RS (0,60, 1,19 e 1,39 g m<sup>-2</sup>, respectivamente). Padrão semelhante foi observado para as quantidades de P, Ca e Mg nas plantas dos diferentes tratamentos (Quadro 23).

A quantidade de K acumulada nas plantas dos tratamentos TE e FE (0,36 e 0,49 g m<sup>-2</sup>, respectivamente) foi menor do que nas plantas dos outros tratamentos (0,67-2,19 g m<sup>-2</sup>). Entre os tratamentos com calcário dolomítico, as plantas do tratamento DL apresentaram o menor valor (0,67 g m<sup>-2</sup>), o qual

foi menor do que o determinado para as plantas do tratamento RS (0,97 g m<sup>-2</sup>).

**Quadro 23** - Quantidade de nutrientes acumuladas na biomassa de milho (g m<sup>-2</sup>) seca (80°C) nos tratamentos do ensaio de campo 149 dias após a semeadura em 2010/11. Os tratamentos são os referidos na Figura 27.

Trat	N	P	Ca	Mg	K
TE	0,60	0,11	0,08	0,06	0,36
FE	1,19	0,17	0,14	0,08	0,49
RS	1,39	0,26	0,24	0,18	0,97
DL	2,28	0,34	0,46	0,71	0,67
DLFE	2,74	0,46	0,45	0,81	0,95
DLRS	3,51	0,65	0,67	1,03	1,13
DLRSFE	3,32	0,63	0,79	1,38	2,19

Nos tratamentos do ensaio de campo (Quadro 24) observou-se correlação positiva e significativa ( $p < 0,05$ ) entre a quantidade de N, P, Ca, Mg e K na biomassa e a biomassa das plantas ( $r = 0,9860$ ,  $r = 0,9866$ ,  $r = 0,9938$ ,  $r = 0,9788$  e  $r = 0,8270$ , respectivamente).

A correlação entre a quantidade de nutrientes e a concentração de nutrientes na biomassa das plantas (Quadro 24) apenas foi significativa ( $p < 0,05$ ) no caso do Ca ( $r = 0,862336$ ) e do Mg ( $r = 0,9386$ ). A diferença entre a quantidade de N aplicado no solo dos tratamentos e no da testemunha (Quadro 25) e variou entre 4,2 e 12,0 g m<sup>-2</sup> nos diversos tratamentos e a mais elevada foi observada nos tratamentos RS, DLRS e DLRSFE (7,8 e 12,0 g m<sup>-2</sup>, respectivamente).

**Quadro 24** - Correlações entre quantidade de nutrientes e a biomassa das plantas e correlações entre a quantidade de nutrientes e a concentração de nutrientes nas plantas, no ensaio de campo no ano de 2010/2011.

N	P	Ca	Mg	K
<b>Quantidade de nutriente e biomassa (g m<sup>-2</sup>)</b>				
$r = 0,9860$ ; $p < 0,05$	$r = 0,9866$ ; $p < 0,05$	$r = 0,9938$ ; $p < 0,05$	$r = 0,9788$ ; $p < 0,05$	$r = 0,8270$ ; $p < 0,05$
<b>Quantidade de nutriente (g m<sup>-2</sup>) e concentração de nutrientes (mg g<sup>-1</sup>)</b>				
$r = -0,6994$ ; $p > 0,05$	$r = -0,1760$ ; $p > 0,05$	$r = 0,8623$ ; $p < 0,05$	$r = 0,9386$ ; $p < 0,05$	$r = < 0,00$ ; $p > 0,05$

Por sua vez, a diferença entre a quantidade de N nas plantas dos tratamentos e nas da testemunha (Quadro 25) variou entre 0,6 e 2,9 g m<sup>-2</sup> nos diversos tratamentos, a mais elevada foi observada nos tratamentos DLRSFE e DLRS (2,7 e 2,9 g m<sup>-2</sup>, respectivamente).

A proporção da quantidade de N acumulada nas plantas em relação à quantidade de N aplicado a cada tratamento (incluindo a cobertura) variou entre 12 e 66%, sendo o valor mais elevado observado no tratamento DL, os valores dos tratamentos FE e RS foram menores do que nos outros tratamentos (Quadro 25).

A percentagem da diferença entre o N acumulado nas plantas e na testemunha relativamente à diferença entre o N aplicado nos tratamentos e na testemunha variou entre 10 e 51%, mas os valores mais baixos observaram-se nos tratamentos FE e RS (14 e 10%, respectivamente).

**Quadro 25** - Biomassa (BM), diferença entre a biomassa dos tratamentos e da testemunha ( $\Delta BM$ ), azoto aplicado no solo ( $N_s$ ), diferença entre o N aplicado nos tratamentos e o aplicado na testemunha ( $\Delta N_s$ ), azoto nas plantas ( $N_p$ ), diferença entre o N nas plantas dos tratamentos e o das plantas da testemunha ( $\Delta N_p$ ), percentagem de  $\Delta N_p$  em relação  $\Delta N_s$ , percentagem de  $N_p$  em relação a  $N_s$ , biomassa por unidade de  $N_s$  (BNs), biomassa por unidade de  $N_p$  (BNp) e variação de biomassa ( $\Delta BM$ ) por unidade de  $\Delta N_s$ .

Trat	BM	$\Delta BM$	$N_s$	$\Delta N_s$	$N_p$	$\Delta N_p$	$\Delta N_p/\Delta N_s$	$N_p/N_s$	BNs	BNp	$\Delta BM/\Delta N_s$
	$g\ m^{-2}$	$g\ m^{-2}$	$g\ m^{-2}$	$g\ m^{-2}$	$g\ m^{-2}$	$g\ m^{-2}$	%	%			
TE	41,71	-	3,45	-	0,60	-	-	17	12	70	-
FE	88,25	46,5	7,65	4,2	1,19	0,6	14	16	12	74	11
RS	115,77	74,1	11,27	7,8	1,39	0,8	10	12	10	83	10
DL	187,55	145,8	3,45	-	2,28	1,7	-	66	54	82	-
DLFE	206,95	165,2	7,65	4,2	2,74	2,1	51	36	27	76	39
DLRS	288,55	246,8	11,27	7,8	3,51	2,9	37	31	26	82	32
DLRSFE	313,85	272,1	15,47	12,0	3,32	2,7	23	18	17	95	23

BNs - Biomassa  $g^{-1}$  N aplicado (BM/ $N_s$ ); BNp - Biomassa  $g^{-1}$  N na biomassa (BM/ $N_p$ ).

A biomassa por unidade de N aplicado no solo (Quadro 25) variou entre 10 e 54 nos diversos tratamentos, mas os valores mais elevados foram observados no tratamento DL (54). Por sua vez, a biomassa por unidade de N na biomassa dos tratamentos variou entre 70 e 95 (Quadro 25) nos diferentes tratamentos e a menos elevada foi observada no tratamento TE (70).

O acréscimo de biomassa por acréscimo de unidade de N aplicado variou entre 10 e 39 (Quadro 25) nos diferentes tratamentos, sendo os valores nos tratamentos DLRS e DLFE (32 e 39, respectivamente) mais elevados do que dos outros tratamentos.



### 3.3.1.2.2 - Ano agrícola 2011/2012

#### **Crescimento das plantas**

No ensaio de campo, 70 e 109 dias depois a sementeira, foram observadas algumas diferenças entre os diferentes tratamentos no tocante a parâmetros indicadores de crescimento das plantas (Quadro 26).

#### **Setenta dias após a sementeira**

A altura das plantas do tratamento TE (22,6 cm) era significativamente inferior à altura observada das plantas dos outros tratamentos (35,0-64,8 cm). Por sua vez a altura das plantas dos tratamentos FE; RS, DL e DLRS era significativamente menor do que a altura das plantas dos tratamentos SJ e DLRSFE.

O comprimento das folhas das plantas do tratamento TE (28,7 cm) era significativamente inferior à determinada nas plantas dos outros tratamentos..

**Quadro 26** - Valores (média  $\pm$  1 desvio padrão; n=4) da altura (AL), do comprimento (CF), da largura (LF), assim como a área foliar (AF) da folha das plantas de milho 70 e 109 dias depois da sementeira. Tratamentos: testemunha (TE), fertilizante (FE), resíduos orgânicos (RS), calcário dolomítico (DL), calcário dolomítico e fertilizante (DLFE), calcário dolomítico e resíduos orgânicos (DLRS), resíduos de soja (SJ) e calcário dolomítico, resíduos orgânicos e fertilizante (DLRSFE).

Tratamentos	AL	CF	LF	AF cm <sup>-2</sup>
-----cm-----				
70 dias após a sementeira				
TE	22,6±4,4 <sup>a</sup>	28,7±7,2 <sup>a</sup>	2,6±0,8 <sup>a</sup>	79,0±41,9 <sup>a</sup>
FE	35,0±8,0 <sup>b</sup>	40,6±7,2 <sup>b</sup>	4,2±0,7 <sup>b</sup>	169,1±43,0 <sup>b</sup>
RS	39,4±4,9 <sup>bd</sup>	46,6±5,1 <sup>bd</sup>	4,6±0,9 <sup>bd</sup>	211,6±44,3 <sup>bd</sup>
DL	40,2±7,4 <sup>bd</sup>	45,4±7,1 <sup>bd</sup>	5,1±1,5 <sup>bc</sup>	238,7±111,4 <sup>bd</sup>
DLFE	50,5±5,0 <sup>cd</sup>	55,9±6,3 <sup>c</sup>	5,8±1,1 <sup>ce</sup>	325,3±81,0 <sup>cd</sup>
DLRS	43,9±10,4 <sup>d</sup>	46,5±8,1 <sup>bd</sup>	5,7±1,4 <sup>ce</sup>	271,1±102,2 <sup>d</sup>
SJ	52,4±6,9 <sup>c</sup>	51,2±4,7 <sup>dc</sup>	5,2±0,9 <sup>dc</sup>	268,8±54,8 <sup>d</sup>
DLRSFE	64,8±5,9 <sup>e</sup>	56,3±6,8 <sup>ec</sup>	6,7±0,9 <sup>e</sup>	377,1±73,0 <sup>c</sup>
109 dias após a sementeira				
TE	64,5±22,1 <sup>a</sup>	43,3±11,9 <sup>a</sup>	3,6±1,2 <sup>a</sup>	166,2±45,5 <sup>a</sup>
FE	84,3±15,0 <sup>b</sup>	56,5±10,3 <sup>b</sup>	5,3±0,8 <sup>b</sup>	304,4±8,5 <sup>b</sup>
RS	103,9±11,0 <sup>bc</sup>	66,5±9,3 <sup>bcd</sup>	6,9±1,1 <sup>cd</sup>	460,2±10,4 <sup>cd</sup>
DL	98,0±12,6 <sup>d</sup>	63,0±8,2 <sup>bcd</sup>	6,1±0,9 <sup>bc</sup>	391,2±7,6 <sup>bc</sup>
DLFE	126,9±13,6 <sup>bc</sup>	68,7±8,4 <sup>cd</sup>	6,9±0,8 <sup>cd</sup>	475,7±6,7 <sup>cd</sup>
DLRS	98,2±25,6 <sup>c</sup>	64,3±10,8 <sup>bcd</sup>	6,1±1,6 <sup>bc</sup>	402,8±17,1 <sup>bc</sup>
SJ	108,7±21,2 <sup>d</sup>	60,0±9,7 <sup>bc</sup>	6,3±1,1 <sup>bc</sup>	381,5±11,1 <sup>bc</sup>
DLRSFE	140,7±15,5 <sup>d</sup>	70,4±12,2 <sup>d</sup>	7,8±0,9 <sup>d</sup>	544,3±10,5 <sup>d</sup>

Letras diferentes na mesma coluna representam diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre tratamentos pelo teste de Tukey.

O comprimento determinado nas folhas nas plantas dos tratamentos FE, RS, DL e DLRS era significativamente menor (40,6-46,6 cm) do que o

determinado nos tratamentos DLFE (55,9 cm) e DLRSFE (56,3 cm). Padrão de variação semelhante foi observado para a largura e a área das folhas

### ***Cento e nove dias após a sementeira***

A altura das plantas, 109 dias após a sementeira, do tratamento TE foi significativamente menor (64,5 cm) do que a altura observada nas plantas dos outros tratamentos (84,3-140,7 cm). A altura das plantas do tratamento FE era significativamente menor (84,3 cm) do que a determinada para as plantas dos tratamentos RS (103,9 cm), DLFE (126,9 cm), SJ (108,7) e DLRSFE (140,7 cm). A altura das plantas dos tratamentos DLFE (126,9 cm) e DLRSFE era significativamente maior do que nos outros tratamentos.

As diferenças observadas para o comprimento das folhas foram menos acentuadas do que para a altura: No entanto, o comprimento das folhas das plantas no tratamento TE também foi significativamente menor (43,3cm) do que o determinado nos outros tratamentos (56,5-70,4 cm). O comprimento determinado nas folhas nas plantas dos tratamentos FE (56,5 cm) e SJ (60,0 cm) era significativamente menor do que o comprimento determinado no tratamento DLRSFE (70,4 cm).

O padrão geral das diferenças observadas para o comprimento das folhas também foi observado para a largura e a área das folhas (Quadro 26).

### ***Teores de nutrientes nas folhas***

O teor de N nas folhas (Quadro 27), 70 dias após a sementeira (antes do embandeiramento), apresentou o menor valor no tratamento TE (24,3 mg g<sup>-1</sup>), o qual foi significativamente menor do que observado nos tratamentos DL (55,8 mg g<sup>-1</sup>) e DLRS (34,8 mg g<sup>-1</sup>). Exceptuando o tratamento TE, o teor das plantas do tratamento FE era menor (27,9 mg g<sup>-1</sup>) do que o determinado nas plantas dos outros tratamentos (30,3-35,8 mg g<sup>-1</sup>), mas as diferenças não foram significativas. Porém, 78 dias após a sementeira (isto é, no início do embandeiramento), o teor de N decresceu generalizadamente (mas em menor grau nos tratamentos TE e FE) e o seu valor mais elevado foi determinado nas folhas das plantas dos tratamentos TE (23,0 mg g<sup>-1</sup>) e FE (22,8 mg g<sup>-1</sup>), o qual foi significativamente mais elevado do que nas folhas das plantas dos tratamentos DLFE (15,7 mg g<sup>-1</sup>) e SJ (16,7 mg g<sup>-1</sup>).

Na fase final do embandeiramento (109 dias após a sementeira), o teor de N nas folhas decresceu (12,4 – 14,1 mg g<sup>-1</sup>) em relação à última determinação e não apresentou diferenças significativas entre os diversos tratamentos.

**Quadro 27** - Concentrações de N e P (mg g<sup>-1</sup>) nas folhas das plantas de milho 70, 78 e 109 dias após a sementeira nos diferentes tratamentos em 2012. Os tratamentos são os referidos no Quadro 29.

Tratamentos	70 dias	78 dias	109 dias	70 dias	78 dias	109 dias
	-----N-----			-----P-----		
TE	24,3±2,7 <sup>a</sup>	23,0±3,8 <sup>a</sup>	14,1±2,8 <sup>a</sup>	2,6±0,1 <sup>ab</sup>	2,3±0,1 <sup>a</sup>	2,4±0,1 <sup>ab</sup>
FE	27,9±2,3 <sup>ab</sup>	22,8±3,9 <sup>ad</sup>	12,6±1,1 <sup>a</sup>	2,4±0,2 <sup>ab</sup>	2,3±0,2 <sup>a</sup>	2,2±0,4 <sup>ab</sup>
RS	32,4±2,3 <sup>ab</sup>	22,1±1,0 <sup>ac</sup>	12,6±1,1 <sup>a</sup>	2,6±0,2 <sup>ab</sup>	2,3±0,2 <sup>a</sup>	2,6±0,1 <sup>ab</sup>
DL	35,8±2,1 <sup>b</sup>	20,2±1,0 <sup>abc</sup>	14,0±0,9 <sup>a</sup>	2,3±0,4 <sup>ab</sup>	2,3±0,1 <sup>a</sup>	2,0±0,1 <sup>a</sup>
DLFE	32,2±6,9 <sup>ab</sup>	15,7±1,1 <sup>bc</sup>	14,0±0,9 <sup>a</sup>	2,8±0,2 <sup>a</sup>	2,7±0,4 <sup>ab</sup>	2,5±0,1 <sup>ab</sup>
DLRS	34,8±2,8 <sup>b</sup>	19,0±1,2 <sup>abc</sup>	13,6±0,5 <sup>a</sup>	2,0±0,5 <sup>b</sup>	2,4±0,2 <sup>ab</sup>	2,2±0,4 <sup>ab</sup>
SJ	30,3±1,7 <sup>ab</sup>	16,7±1,0 <sup>c</sup>	12,4±0,7 <sup>a</sup>	2,7±0,2 <sup>ab</sup>	2,7±0,1 <sup>ab</sup>	2,6±0,4 <sup>ab</sup>
DLRSFE	32,9±1,0 <sup>ab</sup>	17,3±1,1 <sup>bdc</sup>	12,9±0,1 <sup>a</sup>	2,9±0,1 <sup>a</sup>	2,9±0,2 <sup>b</sup>	2,7±0,1 <sup>b</sup>

Letras diferentes na mesma coluna representam diferenças significativas (p < 0,05) entre tratamentos pelo teste de Tukey.

Ao contrário do observado para o N, o teor de P nas folhas das plantas de milho apresentou, por um lado, pequenas variações entre as várias datas de amostragem e, por outro, diferenças muito menos acentuadas entre os tratamentos.

O teor foliar de Ca das plantas (Quadro 28), 70 dias após a sementeira (antes do embandeiramento) atingiu o menor valor no tratamento RS (1,4 mg g<sup>-1</sup>), sendo menor do que em qualquer dos outros e significativamente menor do que nos tratamentos DL, DLRS, DLFE e DLRSFE (2,3-2,7 mg g<sup>-1</sup>). O teor de Ca das plantas do tratamento SJ e FE (1,6 e 1,7 mg g<sup>-1</sup>, respectivamente) era menor do que o observado nas plantas do tratamento TE (2,0 mg g<sup>-1</sup>), mas a diferença não era significativa.

Contudo, 78 dias após a sementeira (no início do embandeiramento), o teor de Ca aumentou generalizadamente nos diferentes tratamentos, sendo os valores das folhas das plantas dos tratamentos DL, DLRS, DLFE e DLRSFE (3,4-4,4 mg g<sup>-1</sup>) mais elevados, os quais foram significativamente superiores do que aos determinados nos outros tratamentos (1,8-2,3 mg g<sup>-1</sup>). Na fase final do embandeiramento (109 dias após a sementeira), o teor foliar de Ca das plantas aumentou relativamente em relação à última determinação (Quadro 28), sendo os valores nos tratamentos SJ e FE (2,1 e 2,3 mg g<sup>-1</sup>,

respectivamente) significativamente menores do que aos determinados nos tratamentos DL, DLRS, DLFE e DLRSFE (3,8-4,7 mg g<sup>-1</sup>).

**Quadro 28** - Concentrações de Ca, Mg e K (mg g<sup>-1</sup>) nas folhas de milho 70, 78 e 109 dias após a sementeira nos diferentes tratamentos em 2012. Os tratamentos são os indicados no Quadro 29.

Trat	70 dias	78 dias	109 dias	70 dias	78 dias	109 dias	70 dias	78 dias	109 dias
	Ca			Mg			K		
TE	2,0±0,3 <sup>a</sup> <sub>c</sub>	2,3±0,2 <sup>a</sup>	2,6±0,1 <sup>ab</sup>	1,3±0,2 <sup>a</sup>	1,1±0,2 <sup>a</sup>	1,7±0,4 <sup>a</sup>	13,9±1,6 <sup>a</sup>	11,0±0,5 <sup>a</sup>	13,7±1,2 <sup>a</sup>
FE	1,7±0,2 <sup>a</sup> <sub>d</sub>	2,1±0,2 <sup>a</sup>	2,3±0,3 <sup>a</sup>	0,9±0,1 <sup>a</sup>	1,2±0,3 <sup>a</sup>	1,1±0,2 <sup>a</sup>	14,1±1,1 <sup>a</sup> <sub>d</sub>	10,7±1,4 <sup>a</sup>	13,3±1,6 <sup>a</sup>
RS	1,4±0,1 <sup>a</sup>	1,8±0,1 <sup>a</sup>	2,6±0,3 <sup>ab</sup>	0,8±0,0 <sup>a</sup>	0,9±0,1 <sup>a</sup>	1,4±0,3 <sup>a</sup>	18,6±0,1 <sup>b</sup> <sub>c</sub>	16,4±0,7 <sup>b</sup>	19,2±0,6 <sup>b</sup>
DL	2,7±0,3 <sup>b</sup> <sub>c</sub>	3,8±0,3 <sup>b</sup>	3,8±0,4 <sup>bc</sup>	3,7±0,6 <sup>b</sup>	5,0±0,3 <sup>b</sup>	5,9±0,6 <sup>b</sup>	19,6±1,9 <sup>c</sup>	17,1±0,7 <sup>c</sup>	17,9±0,6 <sup>c</sup>
DLFE	2,6±0,3 <sup>c</sup>	4,4±0,4 <sup>b</sup>	4,7±1,3 <sup>c</sup>	2,0±0,3 <sup>c</sup>	3,6±1,0 <sup>c</sup>	5,1±1,0 <sup>b</sup>	15,2±0,7 <sup>a</sup> <sub>d</sub>	12,7±2,3 <sup>a</sup>	11,8±1,4 <sup>a</sup>
DLRS	2,3±0,2 <sup>d</sup> <sub>c</sub>	3,9±0,5 <sup>b</sup>	3,8±0,3 <sup>bc</sup>	2,7±0,2 <sup>c</sup>	4,2±0,4 <sup>b</sup> <sub>c</sub>	5,7±0,4 <sup>b</sup>	17,3±1,4 <sup>d</sup> <sub>e</sub>	12,1±1,4 <sup>a</sup>	12,6±1,6 <sup>a</sup>
SJ	1,6±0,3 <sup>d</sup> <sub>a</sub>	2,0±0,1 <sup>a</sup>	2,1±0,3 <sup>a</sup>	1,0±0,1 <sup>a</sup>	1,1±0,2 <sup>a</sup>	1,6±0,3 <sup>a</sup>	20,3±1,4 <sup>b</sup> <sub>e</sub>	17,2±1,0 <sup>c</sup>	22,0±0,6 <sup>b</sup>
DLRSFE	2,5±0,3 <sup>c</sup>	3,4±0,8 <sup>b</sup>	3,9±0,3 <sup>bc</sup>	2,6±0,1 <sup>c</sup>	3,4±0,6 <sup>c</sup>	5,3±0,4 <sup>b</sup>	15,8±0,7 <sup>a</sup> <sub>d</sub>	13,4±0,9 <sup>a</sup> <sub>b</sub>	13,9±1,3 <sup>a</sup>

Letras diferentes na mesma coluna representam diferenças significativas (p < 0,05) entre tratamentos pelo teste de Tukey.

Ao contrário, os menores valores observados no tratamento FE não eram significativamente superiores aos observados no tratamento RS (2,6 mg g<sup>-1</sup>).

O teor foliar de Mg das plantas seguiu de modo mais acentuado o padrão entre tratamentos referido para o teor de Ca; o mesmo sucedendo quanto à sua variação temporal. Com efeito, em qualquer das fases consideradas, o teor de Mg nas folhas dos tratamentos TE, FE, RS e SJ era significativamente menor do que ao determinadonas plantas dos tratamentos DL, DLRS, DLFE e DLRSFE.

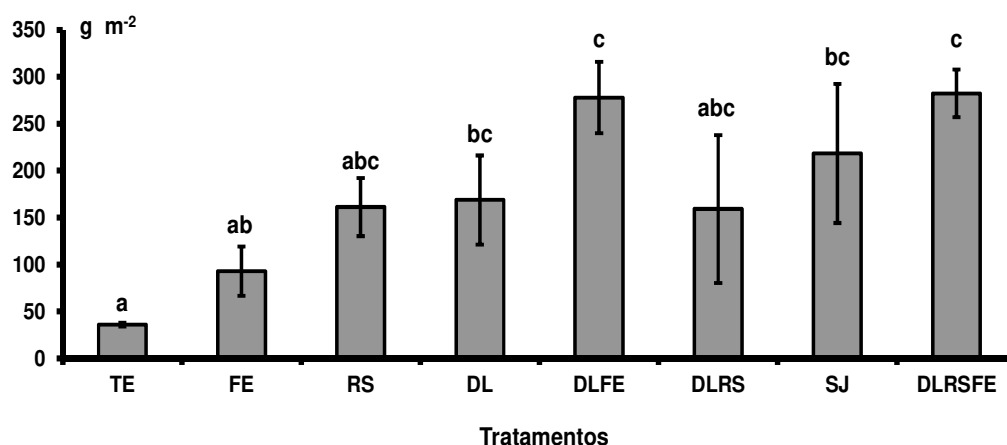
O teor foliar de K (Quadro 28), 70 dias após a sementeira (na fase antes do embandeiramento) do tratamento TE (14,1 mg g<sup>-1</sup>) foi significativamente menor do que o observado nos tratamentos RS, DL e SJ (18,6-20,3 mg g<sup>-1</sup>). O teor de K das plantas do tratamento FE era menor (13,9 mg g<sup>-1</sup>) do que das plantas do tratamento DLFE (15,2 mg g<sup>-1</sup>), mas a diferença não era significativa. Todavia, 78 dias após a sementeira (na fase do inicio do embandeiramento), observou-se o decréscimo de K relativamente à determinação anterior nos diferentes tratamentos. Sendo os valores

observados nos tratamentos TE, FE, DLFE e DLRS (10,7-12,7 mg g<sup>-1</sup>) significativamente inferiores aos observados nos tratamentos RS, DL e SJ (17,2-17,2 mg g<sup>-1</sup>). O teor de K das plantas do tratamento FE era menor (10,4 mg g<sup>-1</sup>) do que das plantas do tratamento DLRSFE (13,4 mg g<sup>-1</sup>), mas a diferença não era significativa.

Ao contrário, 109 dias após a semeadura (na fase do embandeiramento final), o teor de K nas folhas aumentou generalizadamente nos diversos tratamentos (Quadro 28). Porém os valores mais elevados foram observados nas folhas dos tratamentos DL, RS e SJ (17,9-22,0 mg g<sup>-1</sup>), os quais foram significativamente superiores do que dos outros tratamentos.

### ***Biomassa das plantas de milho***

A biomassa das plantas de milho (Figura 28 e Anexo 4.2), 109 dias após a semeadura (no final do embandeiramento), foi significativamente menor no tratamento TE (35,8 g m<sup>-2</sup>) do que a observada nos tratamentos DL, DLFE, SJ e DLRSFE (168,6, 277,9, 218,2 e 282,2 g m<sup>-2</sup>). A biomassa das plantas do tratamento FE era menor (92,8 g m<sup>-2</sup>) do que a dos tratamentos RS (159,06 g m<sup>-2</sup>), DLRS (161,13 g m<sup>-2</sup>) e SJ (218,2 g m<sup>-2</sup>), mas as diferenças não eram significativas.



**Figura 28** - Valores de massa (g m<sup>-2</sup>) das plantas de milho (peso seco a 80°C) obtido aos 109 dias após a semeadura nos diversos tratamentos do ensaio de campo quanto a planta possuía 16 folhas. As barras representam o erro padrão. Ano agrícola 2011/12. Tratamentos: testemunha (TE), fertilizante (FE), resíduos orgânicos (RS), calcário dolomítico (DL), calcário dolomítico e fertilizante (DLFE), calcário dolomítico e resíduos orgânicos (DLRS), resíduos de soja (SJ) e calcário dolomítico, resíduos orgânicos e fertilizante (DLRSFE).

### **Concentração de nutrientes na biomassa**

O teor de N na biomassa das plantas de milho dos diversos tratamentos (Quadro 29), não apresentou diferenças significativas entre os tratamentos, mas os valores determinados nas plantas dos tratamentos TE, DLFE e SJ (15,09-15,56 mg g<sup>-1</sup>) foram inferiores aos determinados nas plantas dos outros tratamentos (16,40-18,14 mg g<sup>-1</sup>).

O teor de P na biomassa das plantas nos tratamentos TE, FE, RS e DL (2,09-2,63 mg g<sup>-1</sup>) era significativamente menor do que no tratamento DLRSFE (2,78 mg g<sup>-1</sup>). O teor de P nas plantas do tratamento DL era menor (2,09 mg g<sup>-1</sup>) do que das plantas do tratamento DLFE (2,59 mg g<sup>-1</sup>), mas a diferença não era significativa (Quadro 29).

O teor de Ca (Quadro 29) na biomassa das plantas dos tratamentos FE e SJ (2,15 e 2,36 mg g<sup>-1</sup>, respectivamente) era significativamente menor do que nos tratamentos DL, DLRS, DLRSFE e DLFE (3,84-4,73 mg g<sup>-1</sup>); no entanto, o menor valor (2,62 mg g<sup>-1</sup>) observado no tratamento RS não era significativamente diferente ao observado no tratamento DL (3,84 mg g<sup>-1</sup>).

O teor de Mg na biomassa (Quadro 29) das plantas dos tratamentos DL, DLFE, DLRS e DLRSFE (5,06-5,94 mg g<sup>-1</sup>) foi significativamente superior do que nos outros tratamentos (1,06-1,66 mg g<sup>-1</sup>).

**Quadro 29** -Concentração (mg g<sup>-1</sup>) de N, P, Ca, Mg e K na biomassa do milho nos diferentes tratamentos na fase final do embandeiramento (109 dias após a semeadura). Os tratamentos são os referidos no Quadro 29.

Trat	N	P	Ca	Mg	K
TE	15,09±0,33 <sup>a</sup>	2,49±0,08 <sup>a</sup>	2,66±0,13 <sup>ab</sup>	1,66±0,35 <sup>a</sup>	13,71±1,17 <sup>a</sup>
FE	17,65±2,15 <sup>a</sup>	2,22±0,36 <sup>a</sup>	2,36±0,34 <sup>a</sup>	1,06±0,19 <sup>a</sup>	13,33±1,64 <sup>a</sup>
RS	18,14±0,60 <sup>a</sup>	2,63±0,12 <sup>a</sup>	2,62±0,32 <sup>ab</sup>	1,44±0,27 <sup>a</sup>	19,24±0,63 <sup>b</sup>
DL	16,40±1,67 <sup>a</sup>	2,09±0,10 <sup>a</sup>	3,84±0,41 <sup>bc</sup>	5,94±0,56 <sup>b</sup>	7,90±0,59 <sup>c</sup>
DLFE	15,24±0,32 <sup>a</sup>	2,59±0,13 <sup>ab</sup>	4,73±1,28 <sup>c</sup>	5,06±0,99 <sup>b</sup>	11,79±1,44 <sup>a</sup>
DLRS	17,78±2,75 <sup>a</sup>	2,22±0,38 <sup>ab</sup>	3,85±0,33 <sup>bc</sup>	5,75±0,38 <sup>b</sup>	12,59±1,64 <sup>a</sup>
SJ	15,56±2,40 <sup>a</sup>	2,62±0,38 <sup>ab</sup>	2,15±0,29 <sup>a</sup>	1,59±0,30 <sup>a</sup>	22,01±0,57 <sup>b</sup>
DLRSFE	17,75±1,74 <sup>a</sup>	2,78±0,14 <sup>b</sup>	3,95±0,35 <sup>b</sup>	5,34±0,42 <sup>b</sup>	13,93±1,26 <sup>a</sup>

Letras diferentes na mesma coluna representam diferenças significativas (p <0,05) entre tratamentos pelo teste de Tukey.

O teor de K na biomassa (Quadro 29) das plantas dos tratamentos DL, DLFE, DLRS, FE, TE e DLRSFE (7,90-13,93 mg g<sup>-1</sup>) foi significativamente menor do que nos tratamentos RS e SJ (19,24 e 22,01 mg g<sup>-1</sup>, respectivamente).

### **Quantidade de nutrientes na biomassa**

No (Quadro 30) apresenta-se a quantidade de nutrientes obtida da biomassa da massa das plantas de milho das diversas parcelas dos tratamentos do ensaio de campo.

A quantidade de N acumulada na biomassa das plantas de milho, 109 dias depois a sementeira (no final do embandeiramento) do tratamento TE ( $0,54 \text{ g m}^{-2}$ ) era significativamente menor do que nas plantas dos tratamentos RS, DLFE, DLRS, SJ e DLRSFE ( $2,64\text{-}4,98 \text{ g m}^{-2}$ ). Por sua vez, a menor quantidade de N apresentado no tratamento FE ( $1,54 \text{ g m}^{-2}$ ) não era significativamente diferente da determinada no tratamento RS ( $2,92 \text{ g m}^{-2}$ ).

A quantidade de P acumulada na biomassa das plantas, 109 dias depois a sementeira (final do embandeiramento) era significativamente menor nas plantas dos tratamentos TE e FE ( $0,09 \text{ g m}^{-2}$  e  $0,21 \text{ g m}^{-2}$ , respectivamente) do que a determinada nos tratamentos SJ, DLFE e DLRSFE ( $0,60\text{-}0,79 \text{ g m}^{-2}$ ). No entanto, a menor ( $0,35 \text{ g m}^{-2}$ ) quantidade de P acumulada nas plantas do tratamento DL não era significativamente diferente da observada no tratamento RS ( $0,43 \text{ g m}^{-2}$ ).

A quantidade de Ca acumulada nas plantas, 109 dias depois a sementeira, dos tratamentos TE, FE, RS e SJ ( $0,10\text{-}0,48 \text{ g m}^{-2}$ ) não apresentou diferenças significativas, mas era significativamente menor do que a determinada nos tratamentos DLRSFE e DLFE ( $1,12$  e  $1,31 \text{ g m}^{-2}$ , respectivamente).

**Quadro 30** - Quantidade de nutrientes acumulada na biomassa de milho ( $\text{g m}^{-2}$ ) nos tratamentos, 109 dias após a sementeira. Os tratamentos são os mencionados no Quadro 29.

Trat	N	P	Ca	Mg	K
TE	$0,54 \pm 0,04^a$	$0,09 \pm 0,01^a$	$0,10 \pm 0,01^a$	$0,06 \pm 0,02^{ac}$	$0,49 \pm 0,06^a$
FE	$1,59 \pm 0,32^{ab}$	$0,21 \pm 0,09^a$	$0,23 \pm 0,09^a$	$0,10 \pm 0,05^{ac}$	$1,26 \pm 0,46^{ab}$
RS	$2,92 \pm 0,53^{bc}$	$0,43 \pm 0,10^{abc}$	$0,43 \pm 0,12^a$	$0,23 \pm 0,06^{ac}$	$3,11 \pm 0,67^{bcd}$
DL	$2,73 \pm 0,66^{bc}$	$0,35 \pm 0,11^{ac}$	$0,65 \pm 0,21^{ac}$	$1,00 \pm 0,30^{bd}$	$1,36 \pm 0,47^{ab}$
DLFE	$4,24 \pm 0,61^{cd}$	$0,72 \pm 0,09^{bc}$	$1,31 \pm 0,39^{bc}$	$1,40 \pm 0,31^{bd}$	$3,29 \pm 0,66^{bcd}$
DLRS	$2,64 \pm 1,08^{bc}$	$0,38 \pm 0,22^{ab}$	$0,63 \pm 0,33^{ac}$	$0,89 \pm 0,42^{bc}$	$2,03 \pm 1,07^{abd}$
SJ	$3,22 \pm 0,80^{bc}$	$0,60 \pm 0,25^{bc}$	$0,48 \pm 0,19^a$	$0,33 \pm 0,09^c$	$4,84 \pm 1,72^{cd}$
DLRSFE	$4,98 \pm 0,43^d$	$0,79 \pm 0,09^c$	$1,12 \pm 0,15^c$	$1,50 \pm 0,16^d$	$3,95 \pm 0,66^d$

Letras diferentes na mesma coluna representam diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre tratamentos pelo teste de Tukey.

Contudo, o menor valor observado nas plantas do tratamento DLRS ( $0,63 \text{ g m}^{-2}$ ) não era significativamente diferente ao observado no tratamento DLFE

(1,31 g m<sup>-2</sup>). Variação análoga foi observada para a quantidade de Mg nos diferentes tratamentos.

A quantidade de K acumulada, 109 dias após a sementeira, na biomassa das plantas do tratamento TE (0,49 g m<sup>-2</sup>) era significativamente menor do que nas plantas dos tratamentos RS, DLFE, DLRSFE e SJ (3,11- 4,84 g m<sup>-2</sup>). No entanto, os menores valores determinados nos tratamentos FE (1,26 g m<sup>-2</sup>) não eram significativamente diferentes aos observados no tratamento RS (3,11 g m<sup>-2</sup>).

Observou-se correlação significativa ( $p < 0,05$ ) entre a quantidade de N, P, Ca e Mg e a biomassa das plantas ( $r = 0,9847$ ,  $r = 0,9960$ ,  $r = 0,8996$  e  $r = 0,8420$ ). A correlação entre a quantidade de nutrientes e a concentração de nutrientes da biomassa das plantas (Quadro 31) foi significativa ( $p < 0,05$ ) no caso do N ( $r=0,9990$ ), do P ( $r=0,999$ ), do Ca ( $r = 0,8120$ ) e do Mg ( $r = 0,8770$ ).

**Quadro 31** - Correlações entre quantidade de nutriente e a biomassa; quantidade de nutrientes e a concentração de nutrientes da biomassa das plantas em 2011 e 2012.

N	P	Ca	Mg	K
<b>Quantidade de nutriente e biomassa (g m<sup>-2</sup>)</b>				
$r = 0,984$ ; $p < 0,05$	$r = 0,996$ ; $p < 0,05$	$r = 0,896$ ; $p < 0,05$	$r = 0,842$ ; $p < 0,05$	$r = 0,641$ ; $p > 0,05$
<b>Quantidade de nutriente (g m<sup>-2</sup>) e concentração de nutrientes (mg g<sup>-1</sup>)</b>				
$r = 0,998$ ; $p < 0,05$	$r = -0,999$ ; $p < 0,05$	$r = 0,812$ ; $p < 0,05$	$r = 0,877$ ; $p < 0,05$	$r = 0,621$ ; $p > 0,05$

A diferença entre a quantidade N aplicado no solo e a da testemunha (Quadro 32) variou entre 1,0 e 12,0 g m<sup>-2</sup> nos distintos tratamentos e a mais elevada foi observada nos tratamentos RS, DLRS e DLRSFE (7,8 e 12,0 g m<sup>-2</sup>, respectivamente). Pois, a diferença entre a quantidade de N na planta e a da testemunha no (Quadro 32) variou entre 1,1 e 4,5 g m<sup>-2</sup> nos diferentes tratamentos, sendo o valor nos tratamentos DLFE e DLRSFE (3,7 e 4,5 g m<sup>-2</sup>, respectivamente) mais elevado do que outros tratamentos.

A proporção da quantidade de N acumulado nas plantas relativamente à quantidade de N aplicado (incluindo a cobertura) variou entre 16 e 80%, sendo os valores dos tratamentos DLFE, SJ e DL (55, 77 e 80%, respectivamente) mais elevados do que dos outros tratamentos; os valores dos tratamentos TE e FE foram menores do que nos outros (16 e 21% respectivamente).



A percentagem do acréscimo de N nas plantas dos tratamentos relativamente ao respectivo acréscimo de N aplicado atingiu o valor mais elevado no tratamento SJ (289), destacando-se claramente dos restantes.

A biomassa por unidade de N aplicado no solo (Quadro 32) variou entre 10 e 49 nos diversos tratamentos e a mais elevada foi observado nas plantas do tratamento DLFE, DL e SJ (36, 46 e 49, respectivamente); os menores valores foram observados na TE (10) e no tratamento FE.

**Quadro 32** - Biomassa (BM), diferença entre a biomassa dos tratamentos e da testemunha ( $\Delta BM$ ), azoto aplicado no solo (Ns), diferença entre o N aplicado nos tratamentos e o aplicado na testemunha ( $\Delta Ns$ ), azoto nas plantas (Np), diferença entre o N nas plantas dos tratamentos e o das plantas da testemunha ( $\Delta Np$ ), percentagem de  $\Delta Np$  em relação  $\Delta Ns$ , percentagem de Np em relação a Ns, biomassa por unidade de Ns (BNs), biomassa por unidade de Np (BNp) e variação de biomassa ( $\Delta BM$ ) por unidade de  $\Delta Ns$  no ensaio de campo no ano de 2011/2012

Trat	BM	$\Delta BM$	Ns	$\Delta Ns$	Np	$\Delta Np$	$\Delta Np/\Delta Ns$	Np/Ns	BNs	BNp	$\Delta BM/\Delta Ns$
	g m <sup>-2</sup>	g m <sup>-2</sup>	g m <sup>-2</sup>	g m <sup>-2</sup>	g m <sup>-2</sup>	g m <sup>-2</sup>	%	%			
TE	35,8	-	3,45	-	0,54	-	-	16	10	66	
FE	92,8	57,0	7,65	4,2	1,64	1,1	26	21	12	57	14
RS	161,1	125,3	11,27	7,8	2,92	2,4	30	26	14	55	16
DL	168,6	132,8	3,45	-	2,77	2,2	-	80	46	61	-
DLFE	277,9	242,1	7,65	4,2	4,22	3,7	88	55	36	67	58
DLRS	159,1	123,3	11,27	7,8	2,83	2,3	29	25	14	56	16
SJ	218,2	182,4	4,44	1,0	3,40	2,9	289	77	49	64	220
DLRSFE	282,5	246,7	15,47	12,0	5,02	4,5	37	27	15	56	21

BNs - Biomassa g<sup>-1</sup> N (BM/Ns); BNp - Biomassa g<sup>-1</sup> N na biomassa (BM/Np).

Por sua vez, a biomassa por unidade de N na biomassa (Quadro 32) variou entre 56 e 67 nos diferentes tratamentos, sendo os valores dos tratamentos TE e DLFE (66 e 67, respectivamente) mais elevados do que nos outros tratamentos.

O acréscimo de biomassa por unidade de acréscimo de N aplicado variou entre 14 e 220 (Quadro 32), sendo o valor dos tratamentos DLFE e SJ (58 e 220, respectivamente) maior do que nos outros tratamentos.

### 3.3.2. – Características do solo

#### 3.3.2.1. - Ensaio em vasos

##### 3.3.2.1.1 - Ano agrícola 2010/2011

No Quadro 33 e Anexo 3.3 estão amostradas as características químicas do solo do ensaio em vasos sem e com aplicação de ureia 154 dias após a sementeira no ano agrícola de 2010/2011.

No primeiro ano do ensaio em vasos sem ureia de cobertura a aplicação dos tratamentos provocaram modificações de alguns parâmetros do solo em estudo. Com efeito, os tratamentos com aplicação de calcário dolomítico (DL, DLRS, DLFE e DLRSFE) apresentaram valores de pH em H<sub>2</sub>O (5,7-6,2) e em KCl (4,7-5,2) maiores que no tratamento testemunha (4,9 e 4,1, respectivamente).

**Quadro 33** - Valores de pH (H<sub>2</sub>O e KCl), teores de C orgânico (Corg) e azoto, valores da razão C/N, concentração e soma (SB) das bases de troca, teores de Al<sup>3+</sup> extraível e de P e K (testes de Egnér-Riehm, P<sub>ER</sub>, e K<sub>ER</sub> extraíveis do solo do ensaio em vasos (2010/11). Os tratamentos são os referenciados no Quadro 8.

Trat	pH		Corg	N	C/N	Bases extraíveis				SB	Al <sup>3+</sup>	K	P		
	H <sub>2</sub> O	KCl				Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>			EG	OL		
						-----cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> -----						----µg g <sup>-1</sup> ----			
						Sem ureia									
TE	4,9	4,1	15,9	0,9	16,9	0,28	0,09	0,11	0,11	0,58	1,49	40,6	11,9		
FE1	4,9	4,0	15,3	0,9	16,8	0,25	0,07	0,06	0,11	0,49	1,49	57,7	12,3		
FE2	5,0	4,0	12,7	0,9	14,0	0,40	0,12	0,09	0,17	0,77	1,36	65,9	15,9		
RS	5,1	4,1	18,4	1,0	18,6	0,43	0,19	0,05	0,13	0,81	1,81	46,3	10,8		
DL	5,8	4,7	17,7	0,9	20,3	0,99	1,00	0,07	0,09	2,15	0,00	41,5	9,7		
DLFE	5,7	4,6	15,9	1,0	16,6	1,02	0,92	0,07	0,09	2,09	0,00	39,0	12,5		
DLRS	6,2	5,2	16,0	1,0	16,3	1,76	1,56	0,08	0,11	3,5	0,00	43,1	8,3		
DLRSFE	5,5	4,6	13,9	0,9	15,3	0,95	0,81	0,08	0,11	1,95	0,00	50,4	15,6		
Com ureia															
FE1	4,8	4,0	15,4	0,9	17,5	0,31	0,09	0,08	0,14	0,61	1,64	64,9	12,5		
FE2	5,1	4,0	15,5	0,9	18,0	0,25	0,1	0,09	0,21	0,65	1,15	68,3	17,5		
RS	5,1	4,1	16,2	1,0	17,1	0,37	0,14	0,11	0,11	0,72	1,39	55,4	9,8		
DL	6,1	5,1	13,3	1,0	14,0	1,61	1,56	0,1	0,09	3,36	0,00	48,5	9,1		
DLFE	5,7	4,8	15,0	0,9	16,1	1,21	1,06	0,08	0,10	2,46	0,00	47,1	12,9		
DLRS	6,4	5,3	16,8	1,0	17,7	1,82	1,56	0,09	0,01	3,57	0,00	54,4	8,5		
DLRSFE	5,9	4,8	14,5	0,9	16,3	1,24	1,05	0,08	0,10	2,47	0,00	53,2	14,2		

Os teores de  $\text{Ca}^{2+}$  (0,99-1,76  $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ) e  $\text{Mg}^{2+}$  (0,81-1,56  $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ) eram mais elevados nos tratamentos com aplicação de calcário dolomítico do que nos outros tratamentos. A concentração de  $\text{Al}^{3+}$  de troca nos tratamentos com dolomite apresentou valores nulos, enquanto os outros apresentavam teores entre 1,36 e 1,81  $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ . Sendo assim, a capacidade de troca catiónica efectiva do solo dos tratamentos com dolomite era igual à soma de bases de troca (1,95-3,30  $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ) e da ordem de grandeza da determinada para os outros tratamentos (1,98- 2,62  $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ).

A concentração de C orgânico no solo variou entre 12,7  $\text{g kg}^{-1}$  no tratamento FE1 e 18,4  $\text{g kg}^{-1}$  no tratamento RS.

Os tratamentos com fertilizantes (FE1, FE2, DLFE e DLRSFE) apresentaram teor de P extraível (12,3-15,9  $\mu\text{g g}^{-1}$ ) no solo ligeiramente maior do que nos outros tratamentos (8,3-11,9  $\mu\text{g g}^{-1}$ ). No caso do K extraível no solo, os tratamentos FE1 e FE2 apresentaram teores superiores (57,7 e 65,9  $\mu\text{g g}^{-1}$ , respectivamente) aos observados nos outros tratamentos (39,0-50,4  $\mu\text{g g}^{-1}$ ).

No ensaio em vasos com ureia de cobertura foi verificado um padrão semelhante entre os diversos tratamentos ao observado no ensaio anterior (Quadro 33).

### **3.3.2.1.2 - Ano agrícola 2011/2012**

No segundo ano de estudo, 88 dias após a sementeira no ensaio em vasos sem ureia de cobertura o solo dos tratamentos com aplicação de calcário dolomítico apresentou valores de pH em  $\text{H}_2\text{O}$ , KCl e  $\text{CaCl}_2$  significativamente mais elevados do que dos outros tratamentos (Quadro 34; Anexo 3.4).

Os teores de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  de troca no solo dos tratamentos DL, DLRS, DLFE e DLRSFE (com aplicação de dolomite) foram significativamente maiores do que nos outros. Naturalmente, a soma de bases de troca nos primeiros tratamentos também era significativamente maior do que nos segundos (Quadro 34; Anexos 3.4). Pelo contrário, o teor de  $\text{Al}^{3+}$  de troca era significativamente inferior no solo dos tratamentos com aplicação de dolomite do que nos outros.

A capacidade de troca catiónica efectiva do solo dos tratamentos com calcário dolomítico era igual à soma de bases de troca ( $1,5-2,6 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ) e superior à determinada nos outros tratamentos ( $1,11-1,20 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ); porém, não se observaram diferenças significativas entre os diversos tratamentos.

Os teores de carbono orgânico (e a razão C/N) não apresentaram diferenças significativas entre os diferentes tratamentos.

O teor de P extraível (pelos testes de Olsen) nos tratamentos com fertilizantes era mais elevado do que nos restantes, mas a diferença só era significativa no caso do tratamento FE2.

Os diversos parâmetros do solo dos distintos tratamentos (Quadro 35; Anexo 3.4) do ensaio em vasos com ureia de cobertura, 88 dias após a sementeira, apresentaram valores semelhantes aos relatados anteriormente. Apenas os valores de pH em  $\text{H}_2\text{O}$  no solo do tratamento FE1/C era significativamente menor do que no tratamento FE1/S (Quadro 35).

**Quadro 34** – Valores de pH (H<sub>2</sub>O, KCl e CaCl<sub>2</sub>), teores de C orgânico (Corg) e azoto, valores da razão C/N, concentração de bases de troca e a respectiva soma (SB), teores de Al<sup>3+</sup> extraível e de P extraíveis pelo método de Egnér-Riehm (P<sub>EG</sub>) e o fósforo de Olsen (P<sub>OL</sub>) do solo do ensaio em vasos do ano agrícola 2011/12. Os tratamentos são os citados no Quadro 8.

Trat	pH			C <sub>org</sub>	N	C/N	Bases extraíveis				SB	Al <sup>3+</sup>	Extraíveis		
	H <sub>2</sub> O	KCl	CaCl <sub>2</sub>				Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>			P <sub>ER</sub>	P <sub>OL</sub>	
															-----g kg <sup>-1</sup> -----
	Sem ureia														
TE	5,1±0,0 <sup>a</sup>	4,2±0,0 <sup>a</sup>	4,2±0,0 <sup>a</sup>	13,3±0,4 <sup>a</sup>	0,9±0,0 <sup>a</sup>	14,8±0,6 <sup>a</sup>	0,3±0,0 <sup>a</sup>	0,1±0,0 <sup>a</sup>	0,0±0,0 <sup>a</sup>	0,0±0,0 <sup>a</sup>	0,5±0,0 <sup>a</sup>	0,7±0,0 <sup>a</sup>	3,6±0,2 <sup>a</sup>	7,0±0,4 <sup>a</sup>	
FE1	5,0±0,0 <sup>a</sup>	4,1±0,0 <sup>a</sup>	4,1±0,0 <sup>a</sup>	13,4±0,8 <sup>a</sup>	0,9±0,1 <sup>a</sup>	14,7±1,7 <sup>a</sup>	0,2±0,0 <sup>a</sup>	0,1±0,0 <sup>a</sup>	0,0±0,0 <sup>a</sup>	0,1±0,0 <sup>a</sup>	0,4±0,1 <sup>a</sup>	0,7±0,0 <sup>a</sup>	5,6±0,5 <sup>a</sup>	8,7±0,4 <sup>a</sup>	
FE2	4,6±0,3 <sup>a</sup>	4,1±0,0 <sup>a</sup>	4,1±0,0 <sup>a</sup>	13,2±0,5 <sup>a</sup>	0,9±0,0 <sup>a</sup>	14,6±0,9 <sup>a</sup>	0,2±0,0 <sup>a</sup>	0,1±0,0 <sup>a</sup>	0,1±0,0 <sup>b</sup>	0,2±0,0 <sup>b</sup>	0,6±0,1 <sup>a</sup>	0,7±0,0 <sup>a</sup>	8,1±0,8 <sup>b</sup>	10,9±0,7 <sup>b</sup>	
RS	5,1±0,1 <sup>a</sup>	4,2±0,0 <sup>a</sup>	4,2±0,0 <sup>a</sup>	12,3±0,6 <sup>a</sup>	0,8±0,1 <sup>a</sup>	14,6±0,5 <sup>a</sup>	0,3±0,0 <sup>a</sup>	0,1±0,0 <sup>a</sup>	0,1±0,0 <sup>a</sup>	0,1±0,0 <sup>a</sup>	0,7±0,1 <sup>a</sup>	0,6±0,1 <sup>a</sup>	3,5±0,3 <sup>a</sup>	6,8±0,5 <sup>a</sup>	
DL	5,9±0,2 <sup>b</sup>	4,8±0,2 <sup>b</sup>	5,0±0,2 <sup>b</sup>	12,4±0,3 <sup>a</sup>	0,7±0,0 <sup>b</sup>	17,0±0,6 <sup>a</sup>	0,8±0,2 <sup>b</sup>	0,7±0,2 <sup>b</sup>	0,1±0,0 <sup>a</sup>	0,1±0,0 <sup>a</sup>	1,7±0,3 <sup>b</sup>	0,0±0,0 <sup>b</sup>	3,9±0,6 <sup>a</sup>	5,5±2,8 <sup>a</sup>	
DLFE	5,7±0,2 <sup>b</sup>	4,7±0,2 <sup>b</sup>	4,8±0,2 <sup>b</sup>	13,5±0,8 <sup>a</sup>	0,8±0,0 <sup>a</sup>	16,7±1,1 <sup>a</sup>	0,8±0,1 <sup>b</sup>	0,6±0,2 <sup>b</sup>	0,1±0,0 <sup>a</sup>	0,1±0,1 <sup>a</sup>	1,5±0,3 <sup>b</sup>	0,1±0,1 <sup>b</sup>	6,9±2,5 <sup>b</sup>	9,3±0,8 <sup>a</sup>	
DLRS	5,8±0,2 <sup>b</sup>	4,8±0,1 <sup>b</sup>	5,0±0,2 <sup>b</sup>	12,5±0,7 <sup>a</sup>	0,8±0,0 <sup>a</sup>	14,8±1,2 <sup>a</sup>	1,0±0,1 <sup>b</sup>	0,8±0,1 <sup>b</sup>	0,1±0,0 <sup>a</sup>	0,1±0,0 <sup>a</sup>	1,9±0,3 <sup>b</sup>	0,0±0,0 <sup>b</sup>	4,0±1,0 <sup>a</sup>	7,3±0,7 <sup>a</sup>	
DLRSFE	6,0±0,2 <sup>b</sup>	5,1±0,3 <sup>b</sup>	5,4±0,3 <sup>b</sup>	12,5±1,0 <sup>a</sup>	0,9±0,0 <sup>a</sup>	13,8±1,3 <sup>a</sup>	1,4±0,3 <sup>b</sup>	1,1±0,3 <sup>b</sup>	0,1±0,0 <sup>a</sup>	0,1±0,1 <sup>a</sup>	2,6±0,8 <sup>b</sup>	0,0±0,0 <sup>b</sup>	7,9±1,3 <sup>b</sup>	9,0±0,7 <sup>a</sup>	

Letras diferentes, para a mesma profundidade, indicam diferenças significativas (p <0,05) entre os tratamentos pelo teste de Tukey.

**Quadro 35** – Valores de pH (H<sub>2</sub>O, KCl e CaCl<sub>2</sub>), teores de C orgânico (C<sub>org</sub>) e azoto, valores da razão C/N, concentração de bases de troca e a respectiva soma (SB), teores de Al<sup>3+</sup> extraível e de P extraíveis pelo método de Egnér-Riehm (P<sub>EG</sub>) e ) e o fósforo de Olsen (P<sub>OL</sub>) solo do ensaio em vasos do ano agrícola 2011/12. Os tratamentos são os mencionados no Quadro 8.

Trat	pH			C <sub>org</sub>	N	C/N	Bases extraíveis				SB	Al <sup>3+</sup>	Extraíveis	
	H <sub>2</sub> O	KCl	CaCl <sub>2</sub>				Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>			P <sub>ER</sub>	P <sub>OL</sub>
-----g kg <sup>-1</sup> -----			-----cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> -----				-----µg g <sup>-1</sup> -----							
FE1/S	4,9±0,0 <sup>b</sup>	4,1±0,0 <sup>a</sup>	4,1±0,0 <sup>a</sup>	13,4±0,9 <sup>a</sup>	0,9±0,1 <sup>a</sup>	14,7±1,9 <sup>a</sup>	0,2±0,0 <sup>a</sup>	0,1±0,0 <sup>a</sup>	0,0±0,0 <sup>a</sup>	0,1±0,0 <sup>a</sup>	0,4±0,1 <sup>a</sup>	0,7±0,0 <sup>a</sup>	5,6±0,5 <sup>a</sup>	8,7±0,4 <sup>a</sup>
FE1/C	4,5±0,0 <sup>a</sup>	4,1±0,0 <sup>a</sup>	4,1±0,1 <sup>a</sup>	12,7±0,6 <sup>a</sup>	0,9±0,0 <sup>a</sup>	13,9±0,7 <sup>a</sup>	0,2±0,0 <sup>a</sup>	0,1±0,0 <sup>a</sup>	0,1±0,0 <sup>a</sup>	0,1±0,0 <sup>a</sup>	0,5±0,1 <sup>a</sup>	0,8±0,0 <sup>b</sup>	5,1±1,8 <sup>a</sup>	8,4±1,8 <sup>a</sup>
FE2/S	4,5±0,3 <sup>a</sup>	4,1±0,0 <sup>b</sup>	4,1±0,0 <sup>a</sup>	13,2±0,5 <sup>a</sup>	0,9±0,0 <sup>a</sup>	14,6±0,9 <sup>a</sup>	0,2±0,0 <sup>a</sup>	0,1±0,0 <sup>a</sup>	0,1±0,0 <sup>a</sup>	0,1±0,0 <sup>a</sup>	0,6±0,1 <sup>a</sup>	0,7±0,0 <sup>a</sup>	8,1±0,9 <sup>a</sup>	10,9±0,7 <sup>a</sup>
FE2/C	4,2±0,1 <sup>a</sup>	4,0±0,0 <sup>a</sup>	4,0±0,0 <sup>a</sup>	12,7±0,7 <sup>a</sup>	0,9±0,1 <sup>a</sup>	14,5±0,8 <sup>a</sup>	0,3±0,1 <sup>a</sup>	0,1±0,0 <sup>a</sup>	0,1±0,0 <sup>a</sup>	0,1±0,0 <sup>a</sup>	0,5±0,1 <sup>a</sup>	0,8±0,1 <sup>a</sup>	9,8±3,2 <sup>a</sup>	12,9±2,9 <sup>a</sup>
RS/S	5,1±0,1 <sup>a</sup>	4,2±0,0 <sup>b</sup>	4,2±0,0 <sup>b</sup>	12,3±0,7 <sup>a</sup>	0,8±0,1 <sup>a</sup>	14,6±0,5 <sup>a</sup>	0,3±0,0 <sup>a</sup>	0,1±0,0 <sup>a</sup>	0,1±0,0 <sup>a</sup>	0,1±0,0 <sup>a</sup>	0,7±0,1 <sup>a</sup>	0,6±0,1 <sup>a</sup>	3,5±0,3 <sup>a</sup>	6,8±0,5 <sup>a</sup>
RS/C	4,8±0,2	4,1±0,0 <sup>a</sup>	4,1±0,0 <sup>a</sup>	13,0±0,4 <sup>a</sup>	0,9±0,0 <sup>a</sup>	14,3±0,8 <sup>a</sup>	0,4±0,0 <sup>a</sup>	0,1±0,0 <sup>a</sup>	0,1±0,0 <sup>a</sup>	0,1±0,0 <sup>a</sup>	0,7±0,1 <sup>a</sup>	0,6±0,0 <sup>a</sup>	4,2±0,4 <sup>b</sup>	6,8±0,3 <sup>a</sup>
DL/S	5,9±0,2 <sup>a</sup>	4,8±0,2 <sup>a</sup>	5,0±0,2 <sup>a</sup>	12,4±0,3 <sup>a</sup>	0,7±0,0 <sup>a</sup>	17,0±0,6 <sup>a</sup>	0,8±0,2 <sup>a</sup>	0,7±0,2 <sup>a</sup>	0,1±0,0 <sup>a</sup>	0,1±0,0 <sup>a</sup>	1,7±0,3 <sup>a</sup>	0,0±0,0 <sup>a</sup>	3,9±0,6 <sup>a</sup>	5,5±2,8 <sup>a</sup>
DL/C	5,6±0,4 <sup>a</sup>	4,7±0,3 <sup>a</sup>	4,9±0,3 <sup>a</sup>	12,9±0,9 <sup>a</sup>	0,8±0,0 <sup>b</sup>	15,5±1,4 <sup>a</sup>	0,9±0,3 <sup>a</sup>	0,8±0,3 <sup>a</sup>	0,1±0,0 <sup>a</sup>	0,1±0,1 <sup>a</sup>	1,8±0,7 <sup>a</sup>	0,1±0,1 <sup>a</sup>	3,7±0,7	6,9±0,7 <sup>a</sup>
DLFE/S	5,7±0,2 <sup>a</sup>	4,7±0,2 <sup>a</sup>	4,8±0,2 <sup>a</sup>	13,5±0,8 <sup>a</sup>	0,8±0,0 <sup>a</sup>	16,7±1,1 <sup>a</sup>	0,8±0,1 <sup>a</sup>	0,6±0,2 <sup>a</sup>	0,1±0,0 <sup>a</sup>	0,1±0,1 <sup>a</sup>	1,5±0,3 <sup>a</sup>	0,1±0,1 <sup>a</sup>	6,9±2,5 <sup>a</sup>	9,3±0,8 <sup>a</sup>
DLFE/C	5,6±0,2 <sup>a</sup>	4,7±0,2 <sup>a</sup>	4,9±0,2 <sup>a</sup>	12,5±0,3 <sup>b</sup>	0,8±0,0 <sup>a</sup>	15,1±0,9 <sup>a</sup>	1,0±0,2 <sup>a</sup>	0,7±0,2 <sup>a</sup>	0,1±0,0 <sup>a</sup>	0,1±0,0 <sup>a</sup>	1,9±0,4 <sup>a</sup>	0,0±0,0 <sup>a</sup>	6,1±1,6 <sup>a</sup>	8,5±0,4 <sup>a</sup>
DLRS/S	5,8±0,2 <sup>a</sup>	4,8±0,1 <sup>a</sup>	5,0±0,2 <sup>a</sup>	12,5±0,7 <sup>a</sup>	0,8±0,0 <sup>a</sup>	14,8±1,2 <sup>a</sup>	1,0±0,1 <sup>a</sup>	0,8±0,1 <sup>a</sup>	0,1±0,0 <sup>a</sup>	0,1±0,0 <sup>a</sup>	1,9±0,3 <sup>a</sup>	0,0±0,0 <sup>a</sup>	4,0±1,0 <sup>a</sup>	7,3±0,7 <sup>b</sup>
DLRS/C	6,1±0,4 <sup>a</sup>	5,1±0,4 <sup>a</sup>	5,4±0,4 <sup>a</sup>	12,5±1,0 <sup>a</sup>	0,9±0,0 <sup>a</sup>	13,7±1,3 <sup>a</sup>	1,4±0,4 <sup>a</sup>	1,0±0,3 <sup>a</sup>	0,1±0,0 <sup>a</sup>	0,1±0,0 <sup>a</sup>	2,5±0,7 <sup>a</sup>	0,0±0,1 <sup>a</sup>	3,6±0,2 <sup>a</sup>	6,2±0,6 <sup>a</sup>
DLRSFE/S	6,0±0,2 <sup>a</sup>	5,1±0,3 <sup>a</sup>	5,4±0,3 <sup>a</sup>	12,4±1,4 <sup>a</sup>	0,9±0,0 <sup>a</sup>	13,8±1,4 <sup>a</sup>	1,4±0,3 <sup>a</sup>	1,1±0,3 <sup>a</sup>	0,1±0,0 <sup>a</sup>	0,1±0,1 <sup>a</sup>	2,6±0,8 <sup>a</sup>	0,0±0,0 <sup>a</sup>	7,9±1,3 <sup>a</sup>	9,0±0,7 <sup>a</sup>
DLRSFE/C	5,9±0,3 <sup>a</sup>	4,8±0,2 <sup>a</sup>	5,1±0,2 <sup>a</sup>	12,7±0,4 <sup>a</sup>	0,9±0,1 <sup>a</sup>	14,6±0,4 <sup>a</sup>	1,2±0,2 <sup>a</sup>	0,9±0,2 <sup>a</sup>	0,1±0,0 <sup>a</sup>	0,1±0,0 <sup>a</sup>	2,2±0,4 <sup>a</sup>	0,0±0,0 <sup>a</sup>	5,8±0,6 <sup>a</sup>	8,8±0,6 <sup>a</sup>

Letras diferentes, para a mesma profundidade, indicam diferenças significativas (p < 0,05) entre os tratamentos pelo teste de Student.

### 3.3.2.2. - Ensaios de campo

#### 3.3.2.2.1 - Ano agrícola 2010/2011

No primeiro ano, 154 dias após a sementeira, os valores de pH em H<sub>2</sub>O, KCl e CaCl<sub>2</sub> no solo à profundidade de 0 – 10 cm dos tratamentos com calcário dolomítico (DL, DLRS, DLFE e DLRSFE) eram significativamente mais elevados do que os encontrados do solo dos tratamentos TE, FE e TE (Quadro 36; Anexo 4.3).

Os teores de Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup> de troca também eram significativamente superiores nos tratamentos com calcário dolomítico do que nos outros tratamentos (Quadro 36). Assim, a concentração de Al<sup>3+</sup> de troca no solo dos tratamentos com dolomite mostrou valores nulos, ao passo que os outros apresentaram teores significativamente mais elevados. Obviamente, a soma de bases de troca na camada de 0 - 10 cm do solo dos tratamentos com calcário dolomítico era significativamente maior do que a determinada nos outros tratamentos. A capacidade de troca catiónica efectiva nos tratamentos com dolomite era igual à soma de bases de troca do solo (3,0-4,0 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>), sendo significativamente mais elevada do que a observada nos tratamentos TE, FE e RS (Quadro 36; Anexo 4.3).

Os teores de P e K extraíveis do solo, à profundidade de 0 – 10 cm, não apresentaram diferenças significativas entre os diversos tratamentos (Quadro 36).

Os parâmetros do solo na camada de 10 – 20 cm tiveram padrão análogo ao verificado na anterior (Quadro 36). Observou-se apenas que os valores em pH em H<sub>2</sub>O do solo dos tratamentos DLRS foram significativamente superiores aos observados nos outros tratamentos.

A concentração de Al<sup>3+</sup> de troca do solo do tratamento DLRS era significativamente menor do que a observada nos tratamentos TE, FE, RS, DL, DLFE e DLRSFE (Quadro 39).

**Quadro 36** - Valores (média  $\pm$  1 desvio padrão, n=32) de pH (H<sub>2</sub>O, KCl e CaCl<sub>2</sub>), teores de C orgânico (C<sub>org</sub>) e azoto, valores da razão C/N, concentração de bases de troca e a respectiva soma de bases (SB), teores de Al<sup>3+</sup> e de P (teste de Egner-Riehm, P<sub>EG</sub>, e de Olsen, P<sub>OL</sub>) e K (ER) extraíveis das camadas minerais do solo até a profundidade de 20 cm (Ano de 2010/11). Os tratamentos são referenciados na Figura 27.

Trat	pH			C <sub>org</sub>	N	C/N	Bases extraíveis				SB	Al <sup>3+</sup>	Extraíveis		
	H <sub>2</sub> O	KCl	CaCl <sub>2</sub>				Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>			P <sub>ER</sub>	P <sub>OL</sub>	K <sub>ER</sub>
	-----g kg <sup>-1</sup> -----						-----cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> -----						-----µg g <sup>-1</sup> -----		
0 - 10 cm															
TE	5,0±0,0 <sup>a</sup>	4,0±0,0 <sup>a</sup>	4,1±0,0 <sup>a</sup>	17,3±1,0 <sup>a</sup>	0,8±0,2 <sup>a</sup>	25,7±11,2 <sup>a</sup>	0,2±0,1 <sup>a</sup>	0,1±0,0 <sup>a</sup>	0,0±0,0 <sup>a</sup>	0,2±0,0 <sup>a</sup>	0,4±0,1 <sup>a</sup>	1,2±0,1 <sup>a</sup>	6,6±1,4 <sup>a</sup>	8,1±1,3 <sup>a</sup>	35,3±8,2 <sup>a</sup>
FE	4,8±0,2 <sup>a</sup>	4,0±0,0 <sup>a</sup>	4,1±0,2 <sup>a</sup>	16,1±1,1 <sup>a</sup>	0,8±0,3 <sup>a</sup>	24,1±11,1 <sup>a</sup>	0,2±0,1 <sup>a</sup>	0,1±0,0 <sup>a</sup>	0,2±0,3 <sup>a</sup>	0,2±0,1 <sup>a</sup>	0,7±0,4 <sup>a</sup>	1,1±0,2 <sup>a</sup>	24,0±7,0 <sup>a</sup>	20,9±5,3 <sup>a</sup>	73,0±43,3 <sup>a</sup>
RS	5,1±0,1 <sup>a</sup>	4,1±0,0 <sup>a</sup>	4,1±0,1 <sup>a</sup>	18,5±2,9 <sup>a</sup>	0,7±0,4 <sup>a</sup>	46,8±35,6 <sup>a</sup>	0,3±0,1 <sup>a</sup>	0,1±0,2 <sup>a</sup>	0,0±0,0 <sup>a</sup>	0,2±0,0 <sup>a</sup>	0,7±0,1 <sup>a</sup>	1,2±0,2 <sup>a</sup>	5,9±0,5 <sup>a</sup>	7,9±0,9 <sup>a</sup>	47,5±4,0 <sup>a</sup>
DL	6,1±0,1 <sup>b</sup>	5,3±0,1 <sup>b</sup>	5,3±0,1 <sup>b</sup>	16,1±1,4 <sup>a</sup>	0,9±0,1 <sup>a</sup>	17,6±2,1 <sup>a</sup>	1,3±0,1 <sup>b</sup>	1,6±0,4 <sup>b</sup>	0,0±0,0 <sup>a</sup>	0,2±0,0 <sup>a</sup>	3,0±0,5 <sup>b</sup>	0,0±0,0 <sup>b</sup>	4,2±0,8 <sup>a</sup>	7,9±0,9 <sup>a</sup>	36,2±5,2 <sup>a</sup>
DLFE	6,2±0,3 <sup>b</sup>	5,2±0,3 <sup>b</sup>	5,4±0,3 <sup>b</sup>	15,0±1,4 <sup>a</sup>	0,5±0,3 <sup>a</sup>	40,2±13,4 <sup>a</sup>	1,4±0,2 <sup>b</sup>	1,4±0,1 <sup>b</sup>	0,0±0,0 <sup>a</sup>	0,2±0,0 <sup>a</sup>	3,0±0,3 <sup>b</sup>	0,0±0,2 <sup>b</sup>	8,0±0,3 <sup>a</sup>	6,4±2,1 <sup>a</sup>	42,7±3,3 <sup>a</sup>
DLRS	6,4±0,1 <sup>b</sup>	5,5±0,1 <sup>b</sup>	5,6±0,1 <sup>b</sup>	15,8±0,6 <sup>a</sup>	0,7±0,3 <sup>a</sup>	31,6±22,6 <sup>a</sup>	1,7±0,1 <sup>b</sup>	1,8±0,2 <sup>b</sup>	0,0±0,0 <sup>a</sup>	0,2±0,0 <sup>a</sup>	3,6±0,3 <sup>b</sup>	0,0±0,0 <sup>b</sup>	4,5±0,8 <sup>a</sup>	5,5±0,5 <sup>a</sup>	44,8±8,8 <sup>a</sup>
DLRSFE	6,4±0,1 <sup>b</sup>	5,4±0,1 <sup>b</sup>	5,6±0,1 <sup>b</sup>	19,5±0,7 <sup>a</sup>	0,8±0,3 <sup>a</sup>	33,4±24,1 <sup>a</sup>	1,8±0,3 <sup>b</sup>	1,9±0,3 <sup>b</sup>	0,0±0,0 <sup>a</sup>	0,2±0,0 <sup>a</sup>	4,0±0,6 <sup>b</sup>	0,0±0,0 <sup>b</sup>	24,8±1,9 <sup>a</sup>	17,3±7,7 <sup>a</sup>	51,8±4,7 <sup>a</sup>
10 – 20 cm															
TE	4,9±0,0 <sup>a</sup>	4,2±0,0 <sup>a</sup>	4,2±0,0 <sup>a</sup>	10,4±2,4 <sup>a</sup>	0,8±0,1 <sup>a</sup>	13,1±2,8 <sup>a</sup>	0,1±0,0 <sup>a</sup>	0,1±0,0 <sup>a</sup>	0,0±0,0 <sup>a</sup>	0,1±0,0 <sup>a</sup>	0,3±0,0 <sup>a</sup>	1,3±0,2 <sup>ab</sup>	0,5±0,1 <sup>a</sup>	4,9±1,0 <sup>a</sup>	28,4±1,6 <sup>a</sup>
FE	4,7±0,1 <sup>a</sup>	4,2±0,1 <sup>a</sup>	4,0±0,0 <sup>a</sup>	11,2±1,5 <sup>a</sup>	0,4±0,2 <sup>a</sup>	12,5±2,8 <sup>a</sup>	0,1±0,0 <sup>a</sup>	0,1±0,0 <sup>a</sup>	0,0±0,0 <sup>a</sup>	0,1±0,0 <sup>a</sup>	0,3±0,0 <sup>a</sup>	1,3±0,2 <sup>a</sup>	0,2±0,1 <sup>a</sup>	5,3±2,2 <sup>a</sup>	26,9±1,9 <sup>a</sup>
RS	4,9±0,1 <sup>a</sup>	4,2±0,0 <sup>a</sup>	4,0±0,0 <sup>a</sup>	13,0±1,4 <sup>a</sup>	0,9±0,2 <sup>a</sup>	14,2±1,8 <sup>a</sup>	0,1±0,1 <sup>a</sup>	0,1±0,0 <sup>a</sup>	0,0±0,0 <sup>a</sup>	0,1±0,0 <sup>a</sup>	0,4±0,1 <sup>a</sup>	0,9±0,3 <sup>ab</sup>	0,2±0,0 <sup>a</sup>	4,5±1,2 <sup>a</sup>	33,9±4,9 <sup>a</sup>
DL	5,1±0,5 <sup>a</sup>	4,3±0,1 <sup>a</sup>	4,3±0,1 <sup>a</sup>	11,2±2,2 <sup>a</sup>	0,8±0,3 <sup>a</sup>	13,8±1,3 <sup>a</sup>	0,3±0,1 <sup>a</sup>	0,3±0,1 <sup>a</sup>	0,0±0,0 <sup>a</sup>	0,1±0,0 <sup>a</sup>	0,7±0,1 <sup>a</sup>	0,9±0,3 <sup>ab</sup>	0,1±0,0 <sup>a</sup>	4,5±1,2 <sup>a</sup>	26,4±3,9 <sup>a</sup>
DLFE	5,0±0,1 <sup>a</sup>	4,4±0,1 <sup>a</sup>	4,2±0,1 <sup>a</sup>	11,0±1,0 <sup>a</sup>	0,8±0,1 <sup>a</sup>	14,5±0,8 <sup>a</sup>	0,3±0,1 <sup>a</sup>	0,3±0,1 <sup>a</sup>	0,0±0,0 <sup>a</sup>	0,1±0,0 <sup>a</sup>	0,7±0,1 <sup>a</sup>	1,0±0,2 <sup>ab</sup>	0,2±0,1 <sup>a</sup>	4,6±1,2 <sup>a</sup>	28,3±3,2 <sup>a</sup>
DLRS	5,5±0,2 <sup>b</sup>	4,6±0,1 <sup>a</sup>	4,6±0,2 <sup>a</sup>	12,3±0,5 <sup>a</sup>	0,8±0,1 <sup>a</sup>	15,8±1,0 <sup>a</sup>	0,4±0,2 <sup>a</sup>	0,5±0,2 <sup>a</sup>	0,2±0,4 <sup>a</sup>	0,2±0,2 <sup>a</sup>	1,4±0,4 <sup>b</sup>	0,5±0,0 <sup>b</sup>	0,4±0,4 <sup>a</sup>	6,6±4,6 <sup>a</sup>	33,5±5,7 <sup>a</sup>
DLRSFE	5,0±0,1 <sup>a</sup>	4,3±0,1 <sup>a</sup>	4,2±0,1 <sup>a</sup>	14,1±0,7 <sup>a</sup>	1,2±0,2 <sup>a</sup>	11,9±2,2 <sup>a</sup>	0,3±0,1 <sup>a</sup>	0,3±0,1 <sup>a</sup>	0,0±0,0 <sup>a</sup>	0,1±0,0 <sup>a</sup>	0,8±0,2 <sup>a</sup>	1,0±0,2 <sup>ab</sup>	0,2±0,1 <sup>a</sup>	5,7±0,8 <sup>a</sup>	28,5±3,5 <sup>a</sup>

Letras diferentes, para a mesma profundidade, indicam diferenças significativas (p < 0,05) entre os tratamentos pelo teste de Tukey.



### 3.3.2.2.2 - Ano agrícola 2011/2012

No segundo ano, os valores de pH em H<sub>2</sub>O, em KCl 1M e em CaCl<sub>2</sub> 0,01M (Figura 29; Anexo 4.4) na camada de 0-10 cm foram significativamente mais elevados nas parcelas dos tratamentos DLRSFE, DLRS, DLFE e DL do que aos determinados nos outros tratamentos.

As diferenças referidas entre os tratamentos decresceram fortemente na camada de 10-20 cm; apenas os tratamentos DLRS e DLRSFE apresentaram as diferenças nos tratamentos com dolomite. No caso das camadas de 20-30, 30-40 e 40-50 cm não se observaram diferenças significativas entre os tratamentos.

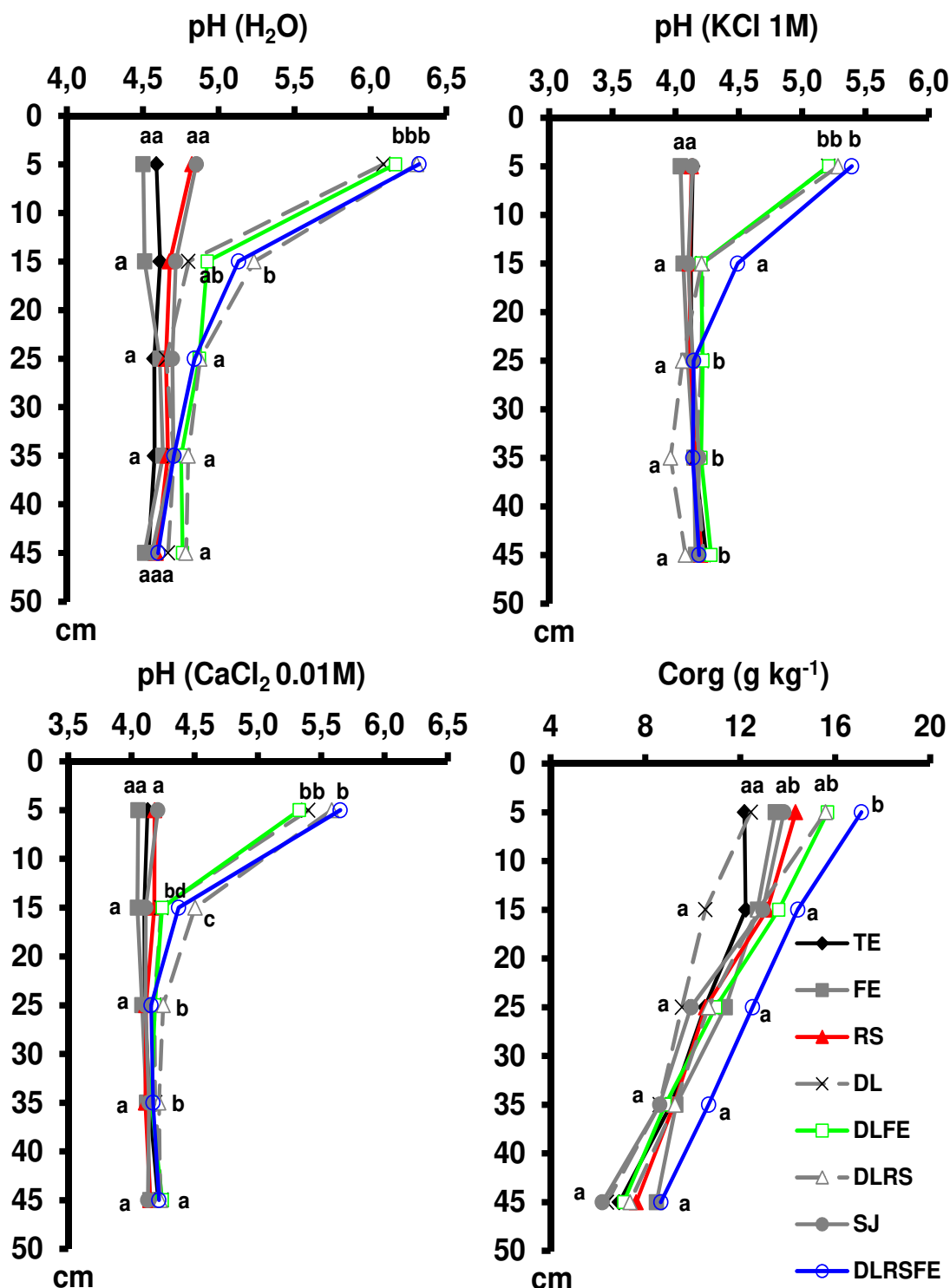
A concentração de C orgânico na camada superficial (0 -10 cm) do solo dos tratamentos TE e DL apresentou os valores mais baixos, os quais foram significativamente inferiores aos determinados no tratamento DLRSFE (Figura 29; Anexo 4.4). Este tratamento apresentou os teores mais elevados ao longo da profundidade do solo considerada, mas a partir de 10 cm de profundidade não apresentou diferenças significativas em relação aos outros tratamentos.

Os tratamentos TE e RS exibiram os mais baixos teores de N na camada de 0-10 cm do solo, os quais foram significativamente menores aos observados nas parcelas do tratamento DLRSFE (Figura 30). A concentração nas camadas seguintes, até 40 cm de profundidade, não apresentou diferenças significativas entre os diferentes tratamentos. Sublinha-se que o teor de N na camada de 40 – 50 cm nos tratamentos TE, RS, DL e DLRSFE foi significativamente menor do que o encontrado nos tratamentos DLRS, SJ e DLFE (Figura 30; Anexo 4.4).

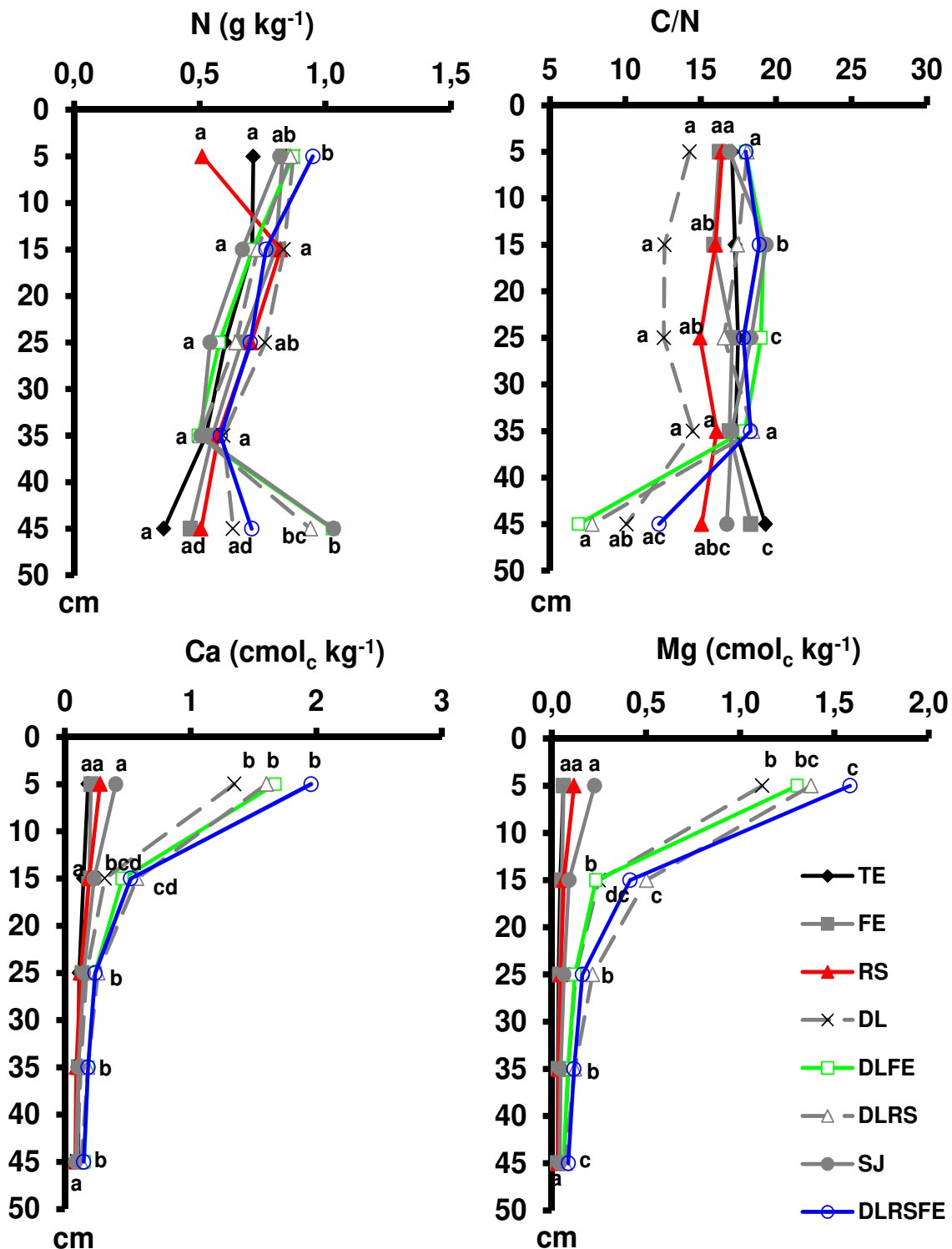
A razão C/N na camada 0 - 10 cm do solo do tratamentos DL (Figura 30) foi mais baixa do que nos restantes, mas as diferenças não foram significativas. Nas camadas de 10 – 20 e 20 – 30 cm de profundidade ocorreram similarmente razões baixas no tratamento DL, as quais foram significativamente inferiores as observadas nos tratamentos DLRS e SJ. Na camada de 40 - 50 cm os tratamentos DLFE e DLRS apresentaram os menores valores da razão C/N, os quais foram significativamente menores às determinadas nos tratamentos TE e SJ.

O teor de Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup> de troca no solo das parcelas dos tratamentos DLRSFE, DLRS, DLFE e DL (Figura 30; Anexo 4.4) foi muito mais elevado e significativamente diferente do que o observado nos outros tratamentos até à profundidade de 10 cm; o valor máximo foi observado no tratamento DLRSFE. As

diferenças esbateram-se nas camadas seguintes devido à forte redução da concentração de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  no solo com a profundidade nas parcelas dos tratamentos com aplicação de calcário dolomítico.



**Figura 29** - Valores de pH (H<sub>2</sub>O, KCl, CaCl<sub>2</sub>) e teores de Corg (g kg<sup>-1</sup>), no solo, às profundidades de 0-10, 10-20, 20-30, 30-40 e 40-50 cm. Os tratamentos são os mencionados no Quadro 29.



**Figura 30** - Teores de N e valores da razão C/N, e teores de Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup>, às profundidades de 0-10, 10-20, 20-30, 30-40 e 40-50 cm. Os tratamentos são os referidos no Quadro 29.

O teor de K<sup>+</sup> de troca atingiu o valor mais baixo ao longo da profundidade do solo dos tratamentos DL e TE, enquanto os mais elevados foram generalizadamente observados nos tratamentos DLRSFE e SJ (Figura 31), sendo as diferenças significativas até à profundidade de 40 cm. As diferenças esbateram-se nas

camadas seguintes devido à redução da concentração de  $K^+$  no solo nos tratamentos DLRSFE e SJ até à profundidade de 40 cm.

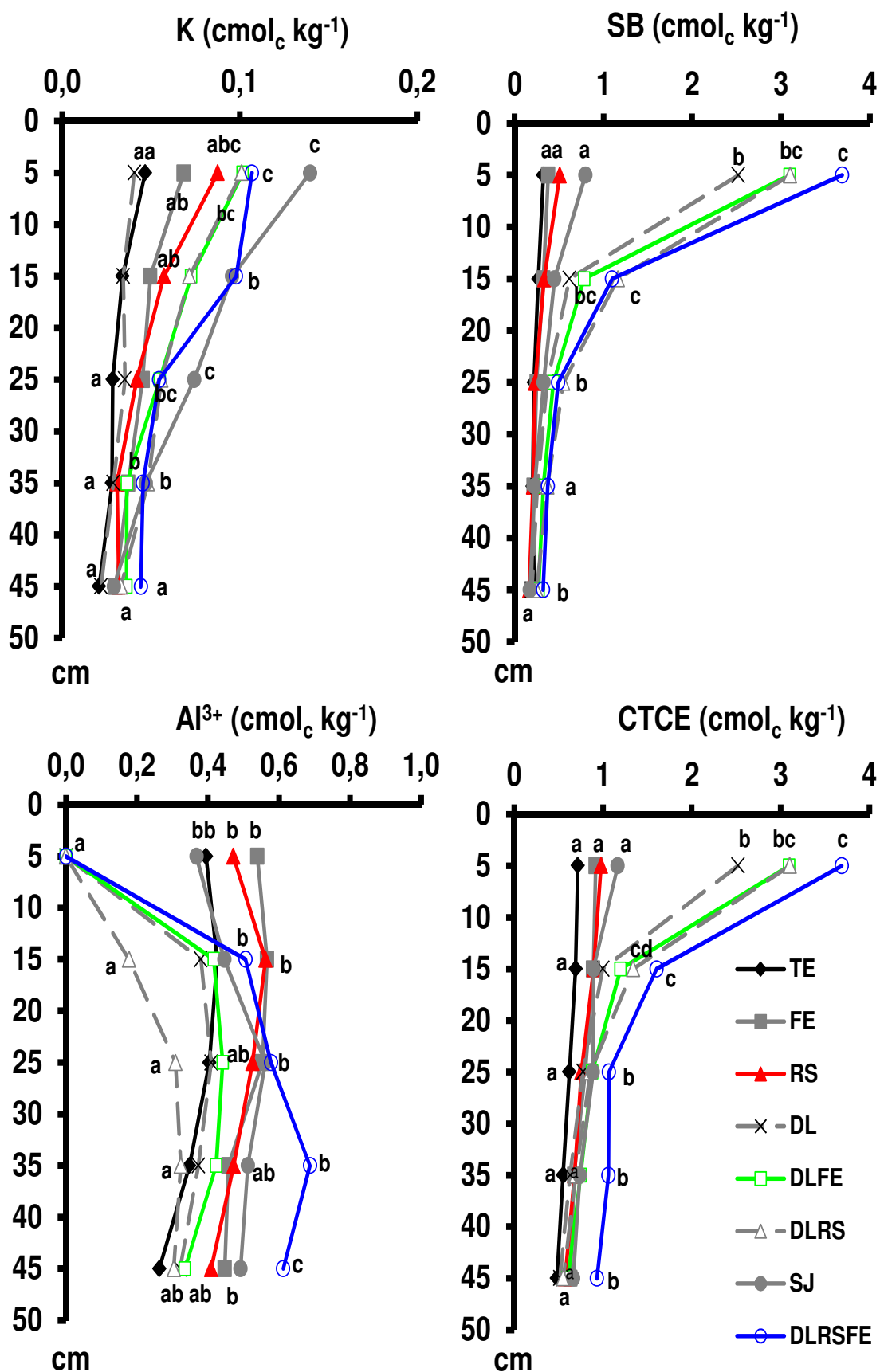
A soma de bases de troca na profundidade de 0-10 cm do solo das parcelas dos tratamentos DLRSFE, DLFE, DLRS e DL (Figura 31; Anexo 4.4), tal como observado para o  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$ , foi muito mais elevada e significativamente diferente do que a determinada nos tratamentos RS, FE, SJ e TE. As diferenças reduziram nas camadas seguintes devido à diminuição da concentração de  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$  no solo com a profundidade nas parcelas dos tratamentos com aplicação de calcário dolomítico.

O teor de  $Al^{3+}$  extraível na camada mineral de 0-10 cm do solo nas parcelas dos tratamentos DLRSFE, DLRS, DLFE e DL (Figura 31; Anexo 4.4) apresentou valores nulos e significativamente inferiores aos determinados nos tratamentos SJ, TE, RS e FE. Nas camadas seguintes, até à profundidade de 40 cm, o tratamento DLRS apresentou os menores valores  $Al^{3+}$  extraível, os quais foram significativamente inferiores aos observados nos tratamentos RS e FE, na camada 10-20 cm, e no tratamento DLRSFE nas camadas de 20-30, 30-40 e 40-50 cm.

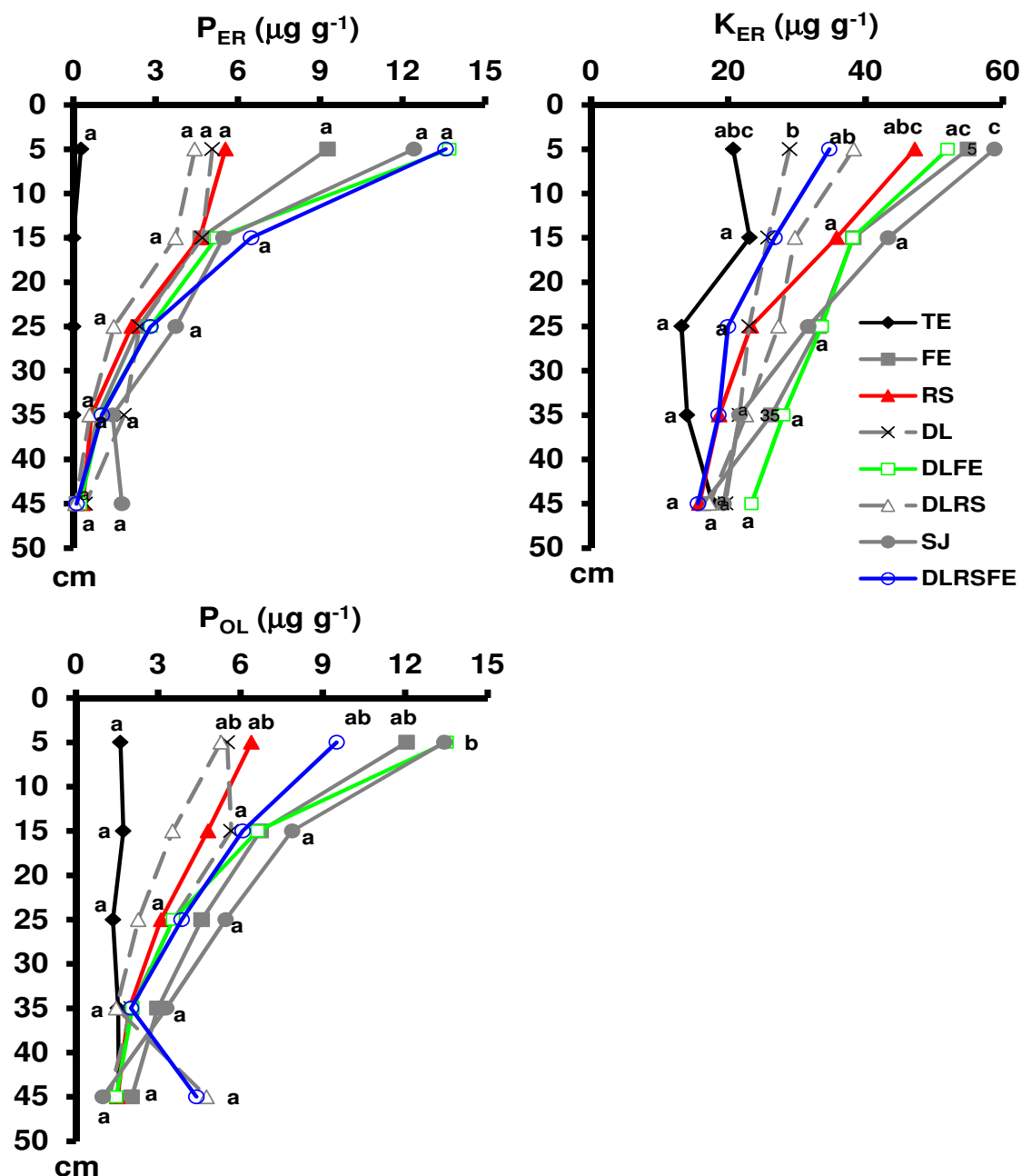
A capacidade de troca catiónica efectiva nas camadas de 0 - 10 e 10 - 20 cm do solo nas parcelas dos tratamentos TE, FE, RS e SJ mostrou valores muito inferiores aos determinados nos tratamentos DL, DLFE, DLRS e DLRSFE (Figura 31; Anexo 4.4), os quais foram significativamente diferentes. O tratamento com os teores de carbono orgânico do solo mais elevados (tratamento DLRSFE) também foi aquele que apresentou os valores mais elevados, até à profundidade de 50 cm, de capacidade de troca catiónica efectiva.

O teor de P extraível (teste de Egnér-Riehm) na camada de 0-10 cm do solo do tratamento TE foi menor do que o observado nos tratamentos DLRS, DL e RS e ainda muito menos do que o observado nos tratamentos FE, SJ, DLFE e DLRSFE, mas as diferenças não foram significativas (Figura 32). Sublinha-se a forte redução da concentração de P no solo com a profundidade nas parcelas dos tratamentos DLFE, DLRSFE e SJ.

O teor de K extraível do solo do tratamento TE (teste de Egnér-Riehm) apresentou valores mais baixos até à profundidade de 50 cm do que aquele observado nos outros tratamentos; os teores mais elevados foram observados nos tratamentos SJ, FE e DLFE (Figura 32).



**Figura 31** - Teores de K<sup>+</sup> e do Al<sup>3+</sup> de troca e valores da soma das bases de troca (SB), e da capacidade de troca catiônica efectiva (CTCE) das camadas minerais do solo até à profundidade de 50 cm. Os tratamentos são os referenciados no Quadro 29.



**Figura 32** - Teores de P (teste de Egnér Riehm,  $P_{ER}$  e de Olsen,  $P_{OL}$ ) e de potássio ( $K_{ER}$ ) extraíveis do solo das camadas minerais até à profundidade de 50 cm. Os tratamentos são os mencionados no Quadro 29.

Os teores de TE apenas foram significativamente inferiores aos observados no tratamento SJ, na camada de 0-10 cm de profundidade.

O teor de P extraível (teste de Olsen) até à profundidade de 30 cm do solo das parcelas do tratamento TE (Figura 32; Anexo 4.4) foi mais baixo do que nos outros tratamentos; os teores mais elevados foram observados nos tratamentos com resíduos de soja (SJ) e com aplicação de fertilizantes (FE, DLFE e DLRSFE). Os teores de TE só foram significativamente menores do que os de SJ e DLFE na camada de 0-10 cm de profundidade.



## **4 - DISCUSSÃO**





## ***O alumínio em Solos Ferralíticos de Angola***

Entre os *Solos Ferralíticos* que ocorrem em Angola (CEP, 1995) consideraram-se no presente estudo os *Solos Fracamente Ferrálicos*. Estes solos apresentam uma grande variabilidade de valores de pH (4,20-6,70) os quais correspondem a reacção desde extremamente ácida a neutra (Madeira & Ricardo, 2012); este padrão de variação aproxima-se do que foi relatado genericamente para os *Solos Ferralíticos* de Angola (CEP, 1995). A esta variabilidade de valores de pH deverá corresponder também uma grande variação da concentração de alumínio de troca, dado que esta tende a aumentar fortemente à medida que os valores de pH descem abaixo de 5.5 (Brady & Weil, 2008). De facto, este padrão está reflectido de forma geral nos valores da concentração de alumínio de troca obtido no presente estudo, onde foi também observada uma grande variabilidade dessa concentração, tanto nos horizontes superficiais como nos subsuperficiais dos solos estudados (Figura 8A e B). Apesar da estreita relação considerada entre a concentração de alumínio de troca e o valor do pH do solo (Brady & Weil, 2008), observou-se que essa relação é relativamente fraca tanto nos horizontes superficiais como nos horizontes subsuperficiais dos solos considerados, não permitindo prever com rigor o teor de alumínio de troca nos solos objecto de estudo.

A partir dos dados do presente estudo depreende-se que a concentração do  $\text{Al}^{3+}$  de troca nos *Solos Fracamente Ferrálicos* é generalizadamente inferior a  $1 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ , sendo inferior à relatada para muitos *Oxisolos* e outros tipos de solos (Sanchez, 1976; Brady & Weil, 2008). Estes baixos valores da acidez de troca (sobretudo no que se refere ao  $\text{Al}^{3+}$ ) observados para os *Solos Ferralíticos* estudados estão em linha com os considerados para os *Ferralsolos* (WRB, 2006), dada a baixa actividade da respectiva fracção argilosa (Uehara & Gillman, 1981). Este facto deverá estar associado à baixa capacidade de troca catiónica efectiva dos solos estudados, pois a mesma é generalizadamente inferior a  $4 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  (Anexos 2, 3, 4 e 5) tanto nos horizontes superficiais (95% dos casos) como nos subsuperficiais (80% dos casos), confirmando outras determinações efectuadas em *Solos Ferralíticos* de diversas áreas do Planalto Central de Angola (Asanzi *et al.*, 2006). Estes dados indicam que os solos estudados apresentam uma baixa capacidade de retenção de espécies catiónicas, tal como é referido por Sanchez (1976) e Van Wambeke (1992) para a generalidade dos *Oxisolos*, devido à

presença de minerais de baixa actividade (caulinite e minerais de ferro e/ou de alumínio; CEP, 1995) na respectiva fracção argila.

É frequente considerar-se o efeito do alumínio de troca no solo por intermédio do respectivo grau de saturação em relação à capacidade de troca catiónica efectiva (*sensu* Sanchez, 1976; Van Wambeke, 1992). De facto, o primeiro autor considera que valores de grau de saturação de alumínio superiores a 60% podem originar problemas de grave toxicidade nas plantas, nomeadamente nas mais sensíveis. Os resultados do presente estudo indicam, porém, que na maioria dos casos o grau de saturação em alumínio predominante é inferior a 40%, não devendo, por isso, na maior parte dos casos, constituir graves problemas no que toca à expressão do efeito da toxicidade do alumínio nas plantas. Assim, os resultados obtidos no presente estudo sugerem que muitos dos solos de natureza ferralítica que ocorrem em Angola não deverão apresentar graves problemas de acidez (ou de excesso de alumínio), devendo ser encaradas com muito mais relevância as fortes limitações associadas às baixas concentrações de cationes básicos, nomeadamente  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{K}^+$  (Sanchez, 1976; Brady & Weil, 2008).

Os resultados do presente estudo também indicam que a aplicação de correctivos calcários (como o calcário dolomítico) constitui uma medida decisiva para aumentar o valor de pH dos solos estudados, pois a aplicação desses correctivos permite, por um lado, combater a eventual toxicidade de  $\text{Al}^{3+}$  e aumentar capacidade de troca catiónica a efectiva do solo e, por outro, aumentar a disponibilidade de cálcio e de magnésio (Van Wambeke, 1992; Castro, 2012).

A grande variabilidade dos resultados obtidos também indica que nalguns casos podem ocorrer elevadas concentrações de  $\text{Al}^{3+}$  de troca e elevados valores de grau de saturação em alumínio. Assim, para avaliar este facto em áreas específicas, é necessário que se proceda às determinações respeitantes ao alumínio de troca e às bases de troca para a devida avaliação das especificidades do complexo de troca dos solos de cada sítio. Tais determinações são também indispensáveis pelo facto das correlações entre a concentração de  $\text{Al}^{3+}$  de troca e os valores de pH em  $\text{H}_2\text{O}$  ou em KCl (ou os valores do grau de saturação em bases) serem muito fracas ou mesmo inexistentes, não permitindo, por isso, prever com o mínimo rigor as concentrações de  $\text{Al}^{3+}$  de troca no solo. Sublinha-se, no entanto, que o estudo presente teve em consideração apenas os *Solos Fracamente Ferrálicos*, devendo por isso ser também estendido aos outros *Solos Ferralíticos* (*Solos Tipoferrálicos* e

*Solos Psamoferrálicos*) de modo a abranger a generalidade dos problemas associados aos solos de natureza ferralítica que ocorrem no território angolano (CEP, 1995).

Neste contexto, dada a grande variabilidade das características dos solos estudados, nomeadamente no que respeita à reacção do solo e à concentração de alumínio de troca, o conhecimento desta concentração, a determinação da concentração das bases de troca e da capacidade de troca catiónica efectiva são de importância capital para identificar os sistemas de gestão mais adequados de uso dos solos do Planalto Central de Angola na perspectiva da produção sustentável da agricultura angolana. Assim, a determinação do alumínio de troca como rotina de monitorização dos respectivos solos é uma tarefa primordial para conhecer e melhor identificar as características inerentes para cada um deles e estimar a quantidade (e tipo) necessária de correctivo a aplicar para a eliminação de alumínio no complexo de troca e facilitar a retenção e a disponibilização de nutrientes tais como o cálcio e o magnésio. Tal informação é de grande importância para a avaliação da aptidão dos solos, bem como para o desenvolvimento de estratégias de gestão do solo e dos ecossistemas e dos respectivos sistemas experimentais de suporte.

## ***As formações florestais e agrícolas e as características do solo***

As áreas com as diferentes formações florestais consideradas na Estação Experimental Agrícola da Chianga, passados 45 anos após a sua instalação, modificaram as características dos respectivos solos (generalizadamente *Solos Tipoferrálicos*; MPA, 1961; Nogueira, 1970) quanto à sua reacção, ao teor de C orgânico, às características do complexo de troca, comparativamente à cultura agrícola de referência adjacente (a cultura do milho), seguindo o padrão geral relatado para as áreas de pousio ou de formações secundárias nas áreas de agricultura itinerante (Sanchez, 1976; Van Wambeke, 1992). No entanto, as várias formações florestais consideradas afectaram muito diferentemente a manifestação dessas características dos solos, pois a mata de panda e o *P. patula* pouco contribuiu para o aumento do pH do solo, a redução da concentração de alumínio de troca e o aumento da concentração das bases de troca e do valor da capacidade de troca catiónica efectiva. Assim, os resultados obtidos no presente estudo indicam

que a vegetação natural ou próxima da natural (caso da mata de panda), bem como o *P. patula*, ao contrário do observado para as outras espécies, poderão não modificar de modo acentuado as características do solo, mesmo na camada superficial, indicando que a recuperação do solo necessita de períodos extremamente longos; sublinha-se no entanto que a respectiva biomassa (que é desconhecida) deverá acumular grandes quantidades de nutrientes. O padrão referido sugere a necessidade, por um lado, de aprofundar a avaliação do efeito das formações florestais em mais áreas, tendo em consideração as características específicas dos solos de cada sítio e, por outro, de avaliar a respectiva biomassa e a quantidade de nutrientes nela acumulada. Os locais de instalação das espécies florestais (pelo menos alguns deles) deverão ser representativos dos solos das áreas agrícolas do planalto central, dado que, por exemplo, se observou uma correlação positiva e significativa ( $r = 0,9896$ ;  $p < 0,05$ ) entre a soma das bases de troca da camada de 20-30 cm dos solos das áreas florestais e das agrícolas.

As camadas superficiais (0-10 cm) dos solos das áreas das formações florestais estudadas apresentaram uma grande amplitude de valores de pH que correspondem a reacção desde fortemente ácida a levemente ácida; a variação nas camadas subsuperficiais (10-30 cm) foi um pouco menos acentuada, correspondendo a reacção muito fortemente ácida a moderadamente ácida. Esta ampla variação de valores de pH está no entanto em conformidade com o padrão geral relatado para os *Solos Ferralíticos* que ocorrem em Angola (CEP, 1995). As fortes diferenças dos valores de pH nos solos das diferentes áreas consideradas (nomeadamente na camada superficial) sugerem que também deverá ocorrer uma grande variabilidade na concentração de alumínio de troca, dado que esta aumenta fortemente quando a reacção do solo passa para fortemente ou muito fortemente ácida (Brady & Weil, 2008). Com efeito, a concentração do alumínio de troca foi muito mais elevada nos solos sob mata de panda e de *P. patula*, os que apresentavam acidez mais acentuada (pH de 5,19-5,64 e 4,83-4,96, respectivamente), do que naqueles sob *E. grandis* ou *G. robusta*, onde a acidez estava mais atenuada (pH de 5,51-5,84 e 5,39-6,18, respectivamente) e que apresentavam teores de alumínio de troca nulos nas camadas superficiais. Apesar disso, apenas se observou correlação negativa e significativa entre os teores de Al de troca e os valores de pH em água na camada de 0-10 cm ( $r = -0,9678$ ;  $p < 0,05$ ).

Aos solos sob mata de panda e de *P. patula* estão associados elevados valores de grau de saturação de Al nomeadamente na camada entre 10 e 20 cm de profundidade (71,3 e 75,2 %, respectivamente), embora um pouco inferiores aos observados nas respectivas áreas agrícolas (80,4 e 89,0%, respectivamente), ao passo que nos solos sob *G. robusta* e *E. grandis* esses valores eram nulos ou mínimos. A variabilidade dos valores da concentração do alumínio de troca correspondeu naturalmente a uma grande variabilidade do respectivo grau de saturação, determinando consequências muito diferenciadas quanto a eventuais condições de toxidade de alumínio para as plantas, como considerado por Sanchez (1976); de facto, no caso das áreas com mata de panda ou *P. patula* o grau de saturação em alumínio é bastante superior à fasquia de 60%, valor a partir do qual o crescimento da generalidade das culturas pode ser fortemente afectado

É evidente que as características das camadas superficiais dos solos das áreas com *G. robusta* e *E. grandis* diferem das demais por apresentarem valores de pH mais elevados (6,18 e 5,84, respectivamente) e também uma capacidade de troca catiónica efectiva bastante mais elevada (10,13 e 3,01 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>, respectivamente) associada à consequente acumulação de bases associada à reciclagem destas pela decomposição dos resíduos orgânicos. A diferença entre os diferentes sítios poderá atribuir-se genericamente à natureza da vegetação arbórea, através de diferentes fluxos de catiões não ácidos para a superfície do solo, modificando as características químicas das camadas superficiais do mesmo. Admite-se tal hipótese na medida em que o *E. grandis* (Zaia & Gama-Rodrigues, 2004) e a *G. robusta* (Martins, 2000) são espécies florestais conhecidas por transferirem elevadas quantidades de catiões não ácidos para o solo; a elevada densidade de espécies arbustivas na área da *G. robusta* e de espécies herbáceas na área de *E. grandis* também deverá contribuir para esse efeito. Aliás, o efeito da *G. robusta* (em condições de grande espaçamento) na melhoria das características de um *Latossolo vermelho*, num sistema silvo-pastoril com 22 anos no Paraná (Brasil), foi relatado por vários autores (Radomski & Ribaski, 2012; Porfírio da Silva, 1994), tendo observado fortes acréscimos de pH, do teor de C orgânico, dos teores de Ca e de Mg de troca, bem como da capacidade de troca catiónica na camada superficial do solo. No entanto, dever-se-ia conhecer as particularidades das espécies constituintes da mata de panda (e do *P. patula*), tanto mais que se considera que longos períodos de pousio nas áreas de agricultura itinerante, permitindo o desenvolvimento de

formações secundárias, conduzem à melhoria das características do solo, nomeadamente no que respeita à sua fertilidade (Sanchez, 1976; Van Wambeke, 1992; Brady & Weil, 2008).

Apesar de se reconhecer o possível efeito do tipo da vegetação arbórea (e do respectivo sob coberto) na variação das características do solo terão de se considerar outros factores. De facto também se poderá considerar a hipótese de que as diferenças atribuídas à vegetação poderão também estar influenciadas pelas características dos próprios solos. Com efeito, as características da camada mais profunda dos solos considerada (20-30 cm), como anteriormente se referiu, são semelhantes entre a área com as diversas formações florestais e a área adjacente com cultura de milho; porém, as características entre as diferentes áreas apresentavam, ainda assim, variabilidade acentuada quanto à reacção do solo, à concentração de bases troca e à capacidade de troca catiónica efectiva. As características dos solos (da camada 20-30 cm) das áreas com *G. robusta* e *E. grandis* – as que apresentam as variações mais fortes na camada superficial relativamente à cultura agrícola – diferem das demais por apresentarem valores de pH mais elevados (5,39 e 5,52, respectivamente) e também uma capacidade de troca catiónica efectiva bastante mais elevada (0,52 e 0,92 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>), o mesmo acontecendo nas áreas agrícolas adjacentes. Assim, a diferença entre as áreas com as diferentes formações arbóreas também poderá estar também associada às diferenças iniciais das características dos respectivos solos. Estas diferenças poderão estar associadas ao facto dos solos das áreas de *E. grandis* e de *G. robusta* (*Solos Ferralíticos Vermelhos* ou *Laranja*) estarem desenvolvidos sobre rochas não quartzíferas associadas a sienitos nefelínicos e a rochas piroclásticas (brechas e tufos vulcânicos), enquanto os solos das áreas com mata de panda e *P. patula* (*Solos Ferralíticos Amarelos*) se terem desenvolvido sobre rochas ácidas eruptivas ou cristalofílicas quartzíferas (Nogueira, 1970). Esta possível influência está em linha com o facto de se observar uma correlação positiva e significativa ( $r = 0,9912$ ;  $p < 0,01$ ) entre a soma de bases de troca da camada 0-10 cm e da camada 20-30 cm do solo das áreas florestais, bem como entre a soma de bases da camada 0-10 cm destas áreas e a mesma soma da camada 20-30 cm do solo das respectivas áreas agrícolas de referência ( $r = 0,9945$ ;  $p < 0,01$ ).

O teor de C orgânico (e consequentemente de matéria orgânica) nas camadas superficiais nos solos das diferentes áreas florestais (17 e 36 g kg<sup>-1</sup>) foi superior ao

determinado nas respectivas áreas agrícolas (15,4-20,4 g kg<sup>-1</sup>), o que se pode atribuir a diferenças de produtividade e de remoção da biomassa produzida. Sublinha-se que o teor de C orgânico no solo das diferentes áreas florestais apresentou diferença acentuada (entre cerca de 17 e 36 g kg<sup>-1</sup>), a qual poderá estar relacionada com a natureza e a produtividade das espécies arbóreas; o grau de cobertura com vegetação herbácea e arbustiva poderá também influenciar essa diferença, dado que os solos da área sem esse coberto (*P. patula*) foram aqueles em que o teor de carbono foi mais baixo. Essa diferença do teor de C orgânico poderá explicar pelo menos parcialmente a grande diferença da capacidade de troca catiónica efectiva (e da soma das bases de troca) entre o solo da plantação de *G. robustae* os das restantes áreas. Esta tendência é suportada pelo facto de se ter observado para o conjunto das áreas de estudo uma correlação positiva e significativa entre a capacidade de troca catiónica efectiva e o teor de C orgânico ( $r=0,569755$ ;  $p<0,01$ ), indicando o efeito positivo do acréscimo do teor de matéria orgânica na capacidade de troca catiónica efectiva do solo; aliás, a matéria orgânica do solo é considerada determinante no acréscimo da capacidade de troca catiónica efectiva do solo e, portanto, no aumento da capacidade de retenção de bases de troca de solos fortemente alterados e com argila de baixa actividade (Franco *etal.*, 1998; Van Wambeke, 1992; Anda *etal.*, 2013).

Para além do efeito do teor de matéria orgânica, o acréscimo do valor da capacidade de troca catiónica efectiva do solo observada nas camadas superficiais dos solos das áreas de *E. grandis* (3,01 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>) e de *G. robusta* (10,13 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>) também deverá estar associado ao aumento dos valores de pH do solo (os quais atingiram valores da ordem de 5,84-6.2). De facto, este aumento deverá determinar o aumento de cargas negativas dos constituintes minerais e orgânicos do solo (Anda *et al.*, 2013) e aumentar a capacidade de retenção de catiões no solo; este padrão está em correspondência com os acréscimos observados para a soma das bases de troca, em especial para o teor de Ca<sup>2+</sup>, naquelas áreas relativamente às restantes.

Generalizadamente pode-se dizer que o teor de P extraível determinado nos solos das áreas do presente estudo foi muito variável (0,0-16,9mg kg<sup>-1</sup>); considerando as classes de fertilidade sugeridas por Horta & Torrent (2010) para o P extraído pelo teste de Olsen poder-se-á afirmar que as mesmas variam de muito baixa a média. Estes teores enquadram-se no intervalo de valores doutras determinações efectuadas em diversas áreas do Planalto Central de Angola (Asanzi



*et al.*, 2006), em que os teores de P disponível (pelo teste de Mehlich1) variaram entre 2,6 e 22,6mg kg<sup>-1</sup>, variando os determinados na Chianga entre 6,9 e 10,3 mg kg<sup>-1</sup>. A variabilidade dos teores de P extraível entre os diversos sistemas florestais e entre estes e as áreas agrícolas e mesmo entre as diversas camadas do solo não permite identificar um padrão de variação coerente; aliás, o contraste entre os níveis elevados de P disponível em algumas áreas agrícolas e os das áreas florestais sugere um efeito residual devido às aplicações anteriores de fertilizantes. Tais factos indicam que os dados respeitantes ao P extraível sejam considerados com a devida reserva e na expectativa de obtenção de informações mais detalhadas sobre o historial do sistema de uso das áreas estudadas.

### ***Sistemas de gestão e as características do solo e produtividade***

Algumas das características do solo utilizado, tanto nos ensaios de vaso como nos de campo, nomeadamente aquelas associadas ao complexo de troca do solo, foram fortemente modificadas por alguns dos tratamentos. Essas modificações foram essencialmente associadas aos tratamentos que incluíram a aplicação de calcário dolomítico. Com efeito, a aplicação deste, tanto nos ensaios em vasos como nos de campo, elevou o valor de pH do solo até 6,3; sendo significativamente mais elevado do que nos tratamentos em que a aplicação de calcário dolomítico não ocorreu. A elevação de pH foi paralela ao aumento da concentração de bases de troca (nomeadamente Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup>), promovendo a diminuição da concentração de Al<sup>3+</sup> de troca e naturalmente a forte redução do grau de saturação em alumínio no complexo de troca; como era de esperar, ficou demonstrada a eficiência do calcário dolomítico na redução do teor de alumínio no complexo de troca, dada a incorporação no solo de uma fonte de Ca e Mg. Estes resultados estão em conformidade com os relatados por Sanchez (1976) e Brady & Weil (2008) para áreas de clima quente e húmido e para áreas de clima temperado, respectivamente. Pelo contrário, a aplicação de fertilizantes e de resíduos orgânicos, por si só, não mostrou qualquer contribuição para aumentar o pH do solo e para reduzir a concentração de Al<sup>3+</sup> no complexo de troca do solo.

A aplicação do calcário dolomítico também conduziu a uma capacidade de troca catiónica efectiva do solo superior à observada no tratamento referência (duas

vezes maior) na camada até 10 cm de profundidade. Esta tendência é semelhante à observada por Castro (2012) 27 meses após a aplicação de calcário na camada superficial de *Latossolos Vermelhos* do Rio Grande do Sul (Brazil). Dada a pequena diferença dos teores de C orgânico do solo entre os diversos tratamentos do presente estudo, o acréscimo da capacidade de troca catiónica efectiva atribui-se ao aumento de cargas negativas (dos minerais de argila e dos minerais de ferro e de alumínio) devido ao mencionado acréscimo dos valores de pH do solo (Sanchez, 1976). Estes resultados permitem afirmar que aplicação de correctivos calcários nos *Solos Ferralíticos* do Planalto Central de Angola, tal como referido para os *Oxissolos* (Sanchez, 1976), será um meio da maior importância para, por um lado, disponibilizar nutrientes (como o Ca e o Mg) e reduzir ou eliminar os eventuais efeitos do excesso de Al e, por outro, para aumentar a capacidade do solo na retenção de catiões.

Os resultados do ensaio de campo indicam que, apesar do tempo decorrido após a aplicação do calcário dolomítico (cerca de 17 meses), os respectivos efeitos foram observados principalmente até 10 cm de profundidade do solo, sendo muito atenuados na camada de 10-20 cm e quase inexistentes a partir de 20 cm de profundidade. O forte decréscimo dos efeitos do calcário dolomítico a partir de 10 cm de profundidade poderá atribuir-se provavelmente à baixa solubilidade do material aplicado. De facto, de acordo com alguns estudos (Alcarde, 1992) a granulometria dos correctivos calcários deve corresponder a partículas inferiores a 0,30 mm de modo a permitir condições de fácil solubilidade dos mesmos, pois para dimensões superiores a 0,250 mm a reacção é muito lenta (Sanchez, 1976). Como cerca de 50% do correctivo aplicado no presente estudo se apresentava em partículas com diâmetro superiores a 0,28 mm, presumimos que durante o período do ensaio não terá havido a solubilização suficiente para expressar o efeito do correctivo no que toca às características do solo e ao efeito no crescimento das plantas.

Além disso, a incorporação manual (com enxada) implicou a incorporação do calcário dolomítico a pequena profundidade (até 10 cm de profundidade) e portanto a mobilidade limitada dos elementos solubilizados no solo. Assim, é necessário avaliar até que ponto esse efeito é devido à dose do calcário dolomítico (cerca de 5000 kg/ha) ou ao reduzido tempo de reacção no solo (cerca de 17 meses) para a neutralização de  $Al^{3+}$  nas camadas mais profundas do solo. Adianta-se que o período decorrido entre a aplicação do calcário dolomítico e a última amostragem foi

semelhante ao indicado por outros autores (18 meses) para a modificação das características do complexo de troca de solos do mesmo tipo (Castro, 2012).

Qualquer um dos tratamentos aumentou a disponibilidade de P (tanto nos ensaios em vaso como de campo) no solo relativamente à testemunha, mas o aumento dos tratamentos com dolomite, resíduos orgânicos (carolo de milho, feijão congo e soja) ou dolomite associada a resíduos foi em menor extensão do que o obtido com fertilizantes ou fertilizantes associados a dolomite, a resíduos orgânicos ou a ambos; padrão semelhante foi observado para o K extraível, mas o aumento da disponibilidade foi inferior nos tratamentos com dolomite do que nos restantes. Sublinha-se que a aplicação de resíduos de soja (apenas no ensaio de campo de 2011/2012) mostrou um efeito semelhante ao observado para os fertilizantes, pois aumentou também oito vezes o teor de P extraível e 2,6 vezes o teor de K disponível; este padrão indica que as deficiências nutricionais dos solos podem ser reduzidas com aplicação de resíduos orgânicos, o que está em consonância com as observações de outros autores (Sanchez, 1976) obtidas em *Oxisolos* de regiões tropicais húmidas.

Os resultados indicam que a aplicação de calcário dolomítico por si só não apresenta efeito no acréscimo da disponibilidade de nutrientes. Assim, essa aplicação deve ser acompanhada da aplicação de fertilizantes para contribuir para aumentar a disponibilidade de P e de K e, assim, criar melhores condições de nutrição para as plantas. Porém, a aplicação de resíduos orgânicos, embora em menor extensão, pode contribuir para o acréscimo de nutrientes, nomeadamente se forem resíduos de soja.

Tal como referido para a aplicação de dolomite, os efeitos da aplicação de fertilizante na disponibilidade de nutrientes no solo dos ensaios de campo foram observados quase exclusivamente até 10 cm de profundidade. Tal efeito deverá ser monitorizado por intermédio de períodos experimentais mais longos e onde sejam considerados diversos níveis de nutrientes para melhor avaliar as tendências referidas.

Num dos ensaios em vasos verificou-se o efeito positivo da aplicação de fertilizantes no acréscimo da produtividade do milho, mas o mesmo não se verificou no caso da aplicação de calcário dolomítico e de resíduos orgânicos. No ano

seguinte a tendência ainda ficou mais duvidosa pelo facto de inclusivamente o efeito da aplicação de fertilizantes também não ser evidente, o que se poderá atribuir ao menor período de ensaio. No entanto, os resultados através do efeito da cobertura azotada expressam o efeito positivo da aplicação de fertilizantes na produtividade do milho, como tem sido claramente demonstrado noutros estudos (Henriques *et al.*, 2010).

No ensaio de campo além do efeito positivo da aplicação de fertilizantes constatou-se que a aplicação de calcário dolomítico, além do efeito nas características do solo, demonstrou ter forte influência no acréscimo da produtividade das plantas, como é generalizadamente reconhecido (Sanchez, 1976; Brady & Weil, 2008), e que se atribui ao aumento dos valores de pH, dos teores de  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{K}^+$  de troca do solo. Além disso, também se verificou que a aplicação de resíduos orgânicos (nomeadamente os resíduos da cultura de soja) também demonstrou ser uma via para aumentar a produtividade do milho, aparentemente devido ao aumento das concentrações de P e K extraíveis em níveis adequados no solo e de uma mais eficiente utilização do azoto. Mas, mais do que o efeito individualizado da aplicação de correctivo calcário, de fertilizantes ou de resíduos orgânicos, também ficou evidente que a sua aplicação conjugada ainda mais reforça a produtividade do milho.

Os resultados indicam que a aplicação de fertilizantes por si só não garantirá efeito suficientemente positivo no acréscimo da produtividade das plantas, sendo necessário para o reforçar a aplicação em doses pequenas de calcário dolomítico para garantir acréscimos substanciais de crescimento. Isto também significa que a aplicação de correctivo calcário deve ser acompanhada da devida aplicação de fertilizantes (disponibilidade de P e de K) para contrabalançar a maior exportação dos mesmos do solo para formação de biomassa (Maggio, 2006), devido às melhores condições criadas no solo pela aplicação de correctivo. Neste contexto, sublinha-se que Henriques *et al.* (2010) relataram respostas de produção de milho até doses da ordem de  $100 \text{ kg N ha}^{-1}$ , em Solos Ferralíticos da área da Chianga que não foram objecto de correcção calcária.

Em suma, a aplicação de correctivo calcário (nomeadamente de calcário dolomítico) é fundamental para o acréscimo da produtividade das culturas nos *Solos Ferralíticos (Amarelos e Vermelhos)* do Planalto Central de Angola, eliminando as limitações devidas à toxicidade de  $\text{Al}^{3+}$  de troca e/ou devida a deficiências de cationes

básicos, devendo estar associada à adequada disponibilização de N, P e K, entre outros nutrientes, pela aplicação de fertilizantes minerais ou orgânicos. Estas condições poderão ser atingidas ainda mais eficientemente através da aplicação de resíduos orgânicos, os quais além da disponibilização de nutrientes também contribuem para o aumento do teor de matéria orgânica no solo.

A biomassa das plantas com aplicação de fertilizante mostrou num dos ensaios de vasos teores claramente mais elevados de azoto, fósforo e potássio; além disso, também mostrou o efeito do calcário dolomítico no acréscimo da concentração de cálcio e de magnésio. No entanto, no mesmo ensaio realizado no ano seguinte não se verificou tal padrão, a não ser o efeito do calcário dolomítico na concentração de magnésio.

Nos ensaios de campo apenas foi evidenciado o acréscimo das concentrações de Ca e de Mg na biomassa (ou folhas) das plantas com a aplicação de calcário dolomítico, não se obtendo indicações claras relativamente ao efeito da aplicação de fertilizantes; neste contexto, sublinha-se que a aplicação de resíduos, nomeadamente os de soja, indicou um efeito muito positivo na concentração de potássio na biomassa (e folhas) das plantas.

Ao contrário do observado no ensaio em vasos, a aplicação de calcário dolomítico e de resíduos orgânicos (ou conjuntamente) revelaram um maior grau de utilização do azoto aplicado; neste contexto, ressalta-se especificamente o efeito associado à aplicação de resíduos de soja.

## **5 - CONCLUSÕES**



Os *Solos Fracamente Ferrálicos* estudados apresentam uma grande variabilidade de valores de pH e de concentração de alumínio extraível ou de troca. Em 87% e 85% dos casos (horizontes superficiais e subsuperficiais, respectivamente) essa concentração apresentou valores inferiores a  $1 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ , correlacionando-se em geral negativamente (mas fracamente) com os valores do pH (em  $\text{H}_2\text{O}$  e KCl) e do grau de saturação em bases; porém, tais correlações não se verificam nalguns dos tipos de solos estudados. O grau de saturação em alumínio mostrou-se inferior a 40% em 80 e 73% dos casos (horizontes superficiais e subsuperficiais, respectivamente), indicando que há casos em que haverá forte afectação das culturas pelo alumínio, embora com variações entre os tipos de solos considerados. Dada a variabilidade das características dos solos, é necessário que a determinação de alumínio extraível seja uma rotina de monitorização, a fim de proceder à correcta gestão da reacção dos mesmos.

A recuperação da fertilidade (aumento do teor de matéria orgânica e de bases de troca e redução do grau de saturação em alumínio) de *Solos Fracamente Ferrálicos* durante um longo período (cerca de 45 anos) de pousio com a vegetação arbórea próxima da natural é muito lenta. Essa recuperação está fortemente dependente da natureza das espécies arbóreas utilizadas e também das características dos solos, os quais apresentam alguma variabilidade quanto ao potencial de recuperação. Observou-se que as plantações de *P. patula* tiveram efeito mínimo na recuperação do solo, ao passo que as de *E. grandis* e principalmente as de *G. robusta* mostraram um efeito muito positivo. Porém, essas modificações circunscrevem-se maioritariamente à camada superficial do solo.

Os resultados obtidos nos tratamentos dos ensaios em vasos e de campo cumpriram de uma forma geral com os objectivos preconizados, apesar das limitações logísticas e financeiras encontradas durante o desenvolvimento do trabalho.

As aplicações de calcário dolomítico, de fertilizantes e de resíduos orgânicos mostraram-se determinantes para o aumento da produção de milho e também para a disponibilidade de nutrientes e a melhoria da qualidade do solo (redução da concentração de alumínio de troca e do respectivo grau de saturação). Além disso, em geral, a combinação dessas aplicações revelou uma contribuição muito mais elevada para o acréscimo da produção do que isoladamente; a aplicação de fertilizantes e de resíduos de soja contribuíram para o aumento dos teores de P e de



K extraíveis no solo. As modalidades de gestão consideradas constituem uma base de partida para aumentar a capacidade produtiva dos Solos Ferralíticos, permitindo aumentar a produtividade das culturas agrícolas e contribuir para a sustentabilidade dos sistemas agrícolas.

Os *Solos Fracamente Ferralíticos* apresentam baixos teores de  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{K}^{+}$  e baixa capacidade de retenção dos mesmos. Por sua vez, os nutrientes disponíveis para as plantas também estão dependentes da matéria orgânica presente nos horizontes superficiais do solo. Assim, a aplicação de correctivos calcários associada à aplicação de resíduos orgânicos e de fertilizantes é uma estratégia determinante para aumentar o pH e a disponibilidade de nutrientes, para o aumento do teor de matéria orgânica e reduzir a toxicidade de alumínio nos horizontes superficiais do solo - aumentando a capacidade de retenção de cationes (aumento da capacidade de troca cationica efectiva - e para melhorar a nutrição e a produtividade das culturas.

A determinação do alumínio extraível ou de troca é uma ferramenta imprescindível de investigação e monitorização de rotina para a identificar a adequada gestão do solo (e da respectiva fertilidade) e para o aumento da produtividade agrícola e melhoria no uso sustentável dos recursos naturais. Os resultados do presente estudo mostram claramente que é de encorajar a adopção do uso de conhecimentos modernos da utilização racional do solo com recurso a aplicação de correctivos calcários, de fertilizantes e de resíduos orgânicos. Assim, devem ser realizados sistematicamente ensaios da natureza dos realizados no presente estudo nas condições naturais e próximas da realidade, durante períodos mais longos (a curto, médio e longo prazo), com maior amplitude de modalidades (nomeadamente de correctivo e de fertilizantes), para que os resultados suportem estudos de viabilidade económica e de tomada de decisão. Tais estudos deverão ter carácter multidisciplinar e enquadrados no âmbito da avaliação de recursos, da gestão sustentada de ecossistemas e da qualidade ambiental.

Neste contexto, afigura-se de primordial importância (a) a organização e sistematização da informação disponível sobre o recurso solo em Angola por forma a facilitar a respectiva utilização e o desenvolvimento de futuros estudos, (b) o apetrechamento de Laboratórios de Solos e Plantas com equipamentos adequados (e adaptados às especificidades do País) para o estabelecimento das rotinas laboratoriais pertinentes para uma resposta adequada às necessidades de

investigação e de apoio a agricultores e empresas tendo em vista a elaboração de recomendações para do uso sustentável do solo, (c) a formação em todos níveis de quadros no domínio das ciências do solo e dos ambiente e (d) a cooperação entre instituições universitárias e de investigação a nível nacional e internacional.



## **6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**



- Acton, D. F. & Gregorich, L. J. 1995. *The Health of Our Soils: Toward Sustainable Agriculture in Canada*. Agriculture & Agri-food Canada, CDR Unit, ON K 1A 0C6, Ottawa
- Adams, F. 1984. Crop responses to liming in the southern United States. *In*: F. Adams (ed) *Soil Acidity and Liming*, 2<sup>nd</sup> edition, pp. 211-266. Agronomy 12. American Society of Agronomy, Madison, WI.
- Alcarde, J. C. 1992. *Correctivos de Acidez dos Solos: Características e Interpretações Técnicas*. (2<sup>a</sup> edição). São Paulo, Associação Nacional para Difusão de Adubos 26.
- Anda, M., Shamshuddin, J. & Fauziah, C. I. 2013. Increasing negative charge and nutrient contents of a highly weathered soil using basalt and rice husk to promote cocoa growth under field conditions. *Soil & Tillage Research* 132:1-11.
- Andriesse, W., Giller, K. E., Jiggins, J., Löffler, H., Oosterveer, P. & Woodhill, J. 2007. *The Role of Agriculture in Achieving of the Millennium Development Goals 1. A Review of the Leading Reports*. Wageningen International. Wageningen.
- Asanzi, C., Kiala, D., César, J., Lyvers, K., Querido, A., Smith, C. & Yost, R.S. 2006. Food production in the Planalto of Southern Angola. *Soil Science*. 171, 10: 810-820.
- Ayres, A. S., Hagihara, H. H. & Stanford, G. 1965. Significance of extractable aluminium in Hawaiian sugar soils. *Soil Science Society of America. Proceedings* 29: 387-392.
- Bationo, A., Bruckert, A., Sedogo, M. P. Christianson, B.C. & Mokwunye, A.U. 1995. A critical review of crop residue use as soil amendment in the West African semi-arid tropics. *In*: J. M. Powell, S. Fernandez Rivera, T. O. Williams & C. Renard (eds) *Livestock and Sustainable Nutrient Cycling in Mixed Farming Systems of Sub-Saharan Africa*, pp. 305-322. Proceedings International Conference, ILCA, Addis Ababa.
- Birdsall, N. 1995. The coexistence of global food surpluses and famine: poverty's role in the food equation. *In*: *A 2020 Vision for Food, Agriculture, and the Environment*. Washington, DC, USA, International Food Policy Research Institute (IFPRI).
- Black, C. A. 1967. *Soil-Plant Relationships*, 2<sup>nd</sup> edition. Wiley, New York.
- Brady, N. C. & Weil, R. R. 1999. *The Nature and Properties of Soils* (12<sup>nd</sup> edition). Prentice Hall. Upper Saddle River, New Jersey.
- Brady, N. C. & Weil, R. R. 2008. *The Nature and Properties of Soils*. 14th Edition. Pearson- Prentice Hall. Upper Saddle River, New Jersey.
- Bremner, J. & Mulvaney, C. 1982. Nitrogen – total. *In*: A. Page, R. Miller & D. Keeney (eds) *Methods of Soil Analyses, Part 2. Chemical and Microbiological Properties*, pp. 595-624. ASA, Madison.
- Carvalho, H. 1982. *Geologia de Angola*, Escala 1:1000.000. Instituto de Investigação Científica Tropical (IICT). Centro de Geologia. Lisboa (CEP)
- Castro, G. S. A. 2012. *Atributos do Solo Decorrentes dos Sistemas de Produção e da Aplicação Superficial de Correctivos*. Dissertação de Doutoramento. Universidade Estadual “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu.

- Centro de Estudo de Pedologia (CEP). 1985. *Carta Geral dos Solos de Angola. 7. Província de Cuanza Sul*. Memórias do Instituto de Investigação Científica Tropical, Nº 69 (2ª Série). Instituto de Investigação Científica Tropical, Lisboa.
- Centro de Estudo de Pedologia (CEP). 1995. *Carta Geral dos Solos de Angola. 8. Província de Malanje*. Memórias do Instituto de Investigação Científica Tropical, Nº 71 (2ª Série). Instituto de Investigação Científica Tropical, Lisboa.
- Centro de Estudo de Pedologia (CEP). 2002. *Carta Geral dos Solos de Angola. 9. Província de Bié*. Memórias do Instituto de Investigação Científica Tropical, Nº 72 (2ª Série). Ministério da Ciência e do Ensino Superior, Secretaria de Estado da Ciência e Tecnologia, Lisboa.
- Centro de Estudo de Pedologia Tropical (CEPT). 1981. *Carta Geral dos Solos de Angola. 6. Distrito de Benguela*. Memórias da Junta de Investigações Científicas do Ultramar, Nº 65 (2ª Série). Instituto de Investigação Científica Tropical, Lisboa.
- Cleaver, K. M. & Schreiber, G. A. 1994. *Reversing the Spiral, the Population, Agriculture and Environment Nexus in sub-Saharan Africa*. World Bank, Washington, DC.
- Costa, F. L. 2006. O conhecimento geomorfológico de Angola. In: Moreira, I. (org) *Angola. Agricultura, Recursos Naturais, Desenvolvimento Rural*, Vol. I, pp. 59-78. ISAPress, Lisboa.
- De Leenheer, L. & Van Hove, J. 1958. Détermination de la teneur en carbone organique des sols. *Pédologie* 8:39-77.
- Delhaize, E. & Ryan, P. R. 1995. Aluminum toxicity and tolerance in plants. *Plant Physiology* 107: 315-321.
- Eswaran, H., Kimble, J., Cook, T. & Beirnoth, F.H. 1992. Diversity in the tropics: implications for agricultural development. In R. Lal & P. Sanchez (eds) *Myths and Science of Soils of the Tropics*, pp. 1-16. Soil Science Society of America, American Society of Agronomy, Inc. SSA Special Publication 29.
- Fageria, N. K. & Baligar, V. C. 2005. Enhancing nitrogen use efficiency in crop plants. *Adv. Agron.* 88: 97-185
- FAO. 1972. *Improving Soil Fertility in Africa*. FAO Soils Bull. 14. FAO, Rome.
- FAO/UNESCO. 1974. *Soil Map of the World 1:5 000 000*. Vol. 1: Legend. Unesco-Paris.
- FAO/UNESCO. 1988. *Soil Map of the World. Revised Legend*. World Soil Resources Report, 60. FAO, Rome.
- Franco, E. C. & Raposo, J. A. 1997. *Carta Generalizada dos Solos de Angola (4ª aproximação)*. IICT/CEP. Lisboa.
- Franco, E. P. C., Ricardo, R. P. & Raposo, J. A. 1998-1999. Teores médios de matéria orgânica dos solos de Angola. Sua distribuição geográfica. *Anais Instituto Superior de Agronomia* 47: 71-97.
- Freitas, F. A., Kopp, M. M., Sousa, R. O., Zimmer, P. D., Carvalho, F. I. & Oliveira, A. C. 2006. Absorção de P, Mg, Ca e K e tolerância de genótipos de arroz submetidos a estresse por alumínio em sistemas hidropónicos. *Revista Ciência Rural* 36 (1): 72 -79.
- Foy, C. D., Chaney, R. L. & White, M. C. 1974. Effects of aluminium on plant growth, pp. 601-642. In: E.W. Carson (ed) *The Plant Root and Its Environment*. University Press of Virginia, Charlottesville.

- Guerrero, R. 1971. *Soils of the Colombian Llanos Orientales-Composition and Classification of Selected Soil Properties*. PhD. Thesis North. Carolina State University, Raleigh.
- Henriques, I. C., Moreira I. & Monteiro, A. 2010. Efeito da fertilização azotada na cultura de milho na Província do Huambo (Angola). *Revista de Ciências Agrárias* 33 (1): 255-262.
- Herbillon, A. J. 1989. Chemical estimation of weatherable minerals presents in the diagnostic horizons of low activity clay soils. *Proceedings 8<sup>th</sup> International Clay Classification Workshop*, Rio de Janeiro.
- Haynes, R. J. 1982. Effects of liming on phosphate availability. *Plant and Soil* 68: 289-308.
- Haynes, R. J. 1984. Lime and phosphate in the soil-plant system. *Advances in Agronomy*. 37: 249-315.
- Horta, M. C. & Torrent, J. 2010. *Dinâmica do Fósforo no Solo. Perspectiva Agronómica e Ambiental*. Castelo Branco, Edições Instituto Politécnico de Castelo Branco.
- Hoshino, A. A., Bonl, T. A., Prioli, J. A., Pereira Bravo, J. & Pinto Priori, S. M. 2000. Changes caused by aluminum in protein and carbohydrate contents in the apex of maize seminal roots. *Acta Scientiarum* 22: 877-882.
- Hue, N. V. & Amien, I. 1989. Aluminium detoxification with green manures. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 20: 1499-1511.
- Išlės, P., Schlicht, M., Pavlovkin, J., Lichtscheidl, I., Baluska, F. & Ovecka, M. 2006. Aluminium toxicity in plants: internalization of aluminium into cells of the transition zone in *Arabidopsis* root apices related to changes in plasma membrane potential, endosomal behaviour, and nitric oxide production. *Journal of Experimental Botany* 57(15): 4201-4213.
- Jackson, W. A. 1967. Physiological effects of soil acidity. *Agronomy Monograph* 12: 43-124.
- Jama, B., Swinkels, R. A. & Buresh, R. J. 1997. Agronomic and economic evaluation of organic and inorganic sources of phosphorus for maize. *Agronomy Journal* 89: 597-604.
- Juo, A. S. R. 1981. Chemical characteristics. In: D. J. Greenland (ed) *Characterization of Soils in Relation to Their Classification and Management for Crop Production: Examples from Some Areas of the Humid Tropics*, pp. 51-79. Oxford University Press, Oxford.
- Kamprath, E. J. 1972. *Soil Acidity and Liming. Soils of the Humid Tropics*. pp. 136-149 National Academy of Sciences, Washington.
- Lal, R., Logan, T. J. & Fausey, N. R. 1989. Long term tillage and wheel traffic effects on a poorly drained Mollic Ocharaqualf in Northwest Ohio. I. Soil physical properties, root distribution and grain yield of corn and soybean. *Soil and Tillage Research*. 14:341-355
- Lange, A., Carvalho, J. L. N., Damin, V., Cruz, J. C. & Marques, J. J. 2006. Alterações em atributos do solo decorrentes da aplicação de nitrogénio e palha em sistema de semeadura direta na cultura do milho. *Ciência Rural* 36 (2): 460-467.
- Lavelle, P., Blancharat, E., Martin, A., Spain, A.V. & Martin, S. 1992. Impact of soil fauna on the properties of soils in the humid tropics. In: R. Lal & P.A. Sanchez



- (eds) *Myths and Science of Soils of the Tropics*, pp. 157-185. SSSA. Special Publication No. 29, Madison, Wisconsin.
- Le Mare, P. 1974. Responses of cotton to ammonium sulphate and superphosphate, and relation between yield and some soil constituents in Tanzania. *Journal of Agricultural Science* 83:47-56.
- Lungu, O. I., Temba, J., Chirwa, B. & Lungu, C. 1993. *Effects of Lime and Farmyard Manure on Soil Acidity and Maize Growth* on an Acid Alfisol from Zambia. *Tropical Agriculture* 70(4): 309-313.
- Madeira, M. A. V. & Ricardo, R. P. 2012. *Factores e Processos de Evolução dos Solos*. Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa. 81 p.
- Maggio, M. A. 2006. *Acúmulo de Massa Seca e Extração de Nutrientes por Plantas de Milho Doce Híbrido "Tropical"*. Dissertação de Mestrado. Instituto Agronômico. Campinas, São Paulo.
- Malavolta, E. 2006. *Manual de Nutrição Mineral de Plantas*. Editora Agronômica Ceres, São Paulo.
- Marques, M. M. 1966. Cuirasses conglomeratées d'Angola. Notes préliminaires. Luanda, Instituto de Investigação Científica de Angola 3(1):33-34.
- Marin, A. 2008 - *Efeito Sinérgico do Estresse Hídrico e da Toxidez de Alumínio no Acúmulo de Prolina em Cajanus cajan (L.) Millsp.* Dissertação de Doutorado. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Jaboticabal.
- Martins, E. G. 2000. *Seleção Genética e Caracterização Fisiológica e Nutricionais de Procedentes de Grevillea robusta*. Dissertação de Doutorado. Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- Myers, R. J. K. & De Pauw, E. 1995. Strategies for the management of soil acidity. In: R. A. Date, N. J. Grundon, G. E. Rayment & M. E. Probert (eds) *Plant-Soil Interactions at Low pH: Principles and Management*, pp. 729-741. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Missão de Pedologia de Angola (MPA). 1959. *Carta Geral dos Solos de Angola. 1. Distrito da Huíla*. Memórias da Junta de Investigações do Ultramar, Nº 9 (2ª Série). Missão de Pedologia de Angola, Lisboa.
- Missão de Pedologia de Angola (MPA). 1961. *Carta Geral dos Solos de Angola. 2. Distrito do Huambo*. Memórias da Junta de Investigações do Ultramar, Nº 27 (2ª Série). Missão de Pedologia de Angola, Lisboa.
- Missão de Pedologia de Angola e Moçambique (MPAM). 1968. *Carta Geral dos Solos de Angola. 4. Distrito de Cabinda*. Memórias da Junta de Investigações do Ultramar, Nº 57 (2ª Série). Junta de Investigações do Ultramar, Lisboa.
- Missão de Pedologia de Angola e Moçambique & Centro de Estudos de Pedologia Tropical (MPAM & CEPT). 1968. *Carta Generalizada dos Solos de Angola (3ª Aproximação)*. Memórias da Junta de Investigações do Ultramar, Nº 56 (2ª Série). Missão de Pedologia de Angola e Moçambique & Centro de Estudos de Pedologia Tropical, Lisboa.
- Missão de Pedologia de Angola e Moçambique & Centro de Estudos de Pedologia Tropical (MPAM & CEPT). 1972. *Carta Geral dos Solos de Angola. 5 Distritos de Uíge e Zaire*. Memórias da Junta de Investigações do Ultramar, Nº 63 (2ª Série). Missão de Pedologia de Angola e Moçambique & Centro de Estudos de Pedologia Tropical, Lisboa.

- Mokwunye, A. U., De Jager, A. & Smailing, E. M. A. 1996. *Restoring and Maintaining the Productivity of West Africa Soils: Key to Sustainable Development*. International Fertilizer Development Center (IFDC), Muscle Shoals, Alabama.
- Mokwunye, A. U. & Hammond, L. L. 1992. Myths and science of fertilizer use in the tropics. *In*: R. Lal & A. Sanchez (eds) *Myths and Science of Soils of the Tropics*, pp. 121-134. SSSA. Special Publ. No. 29, Madison, Wisconsin.
- Mora, M. L., Alfaro, M. A., Jarvis, S. C., Demanet, R. & Cartes, P. 2006. Soil aluminum availability in Andisols of Southern Chile and its effect on forage production and animal metabolism. *Soil Use and Management*. 22 (1): 95-101.
- Moreira, I., Costa, E. & Duarte, M. 2006. A riqueza florística de Angola. Aproveitamento e conservação. *In*: Moreira, I. (org) *Angola. Agricultura, Recursos Naturais, Desenvolvimento Rural* 1:172-195. ISAPress, Lisboa.
- Moreira, T.J.S. & Dias, J.C.S. 1963. Possibilidades e limitações dos ensaios em vasos no estudo da fertilidade dos solos de Angola. Nota preliminar sobre os métodos seguidos no IIAA. *In*: *IV Jornadas Silvo-Agronómicas*. Chianga, Nova Lisboa 1: 119-135.
- Murphy, J. & Riley, J. P. 1962. A modified single solution method for determination of phosphate in natural waters. *Analytica Chimica Acta* 27: 213-226.
- Neto, A. G. 2006. *O Alumínio nos Solos de Angola*. Dissertação de Mestrado. Universidade Agostinho Neto/Faculdade de Ciências Agrárias. Instituto Superior de Agronomia/Universidade Técnica de Lisboa. Huambo.
- Nogueira, M. D. 1970. *A Carta de Solos do Centro de Estudos da Chianga*. Instituto de Investigação Agronómica de Angola, Série Científica Nº 14, Nova Lisboa.
- Nye, P. H. & Greenland, D. J. 1960. The soil under shifting cultivation. Commonwealth Bur. of Soils Tech. Comm. 51. Commonwealth Agricultural Bureau, Farnham Royal, Bucks.
- Pieri, C. 1989. *Fertilité des terres de savane: Bilan de 30 ans de recherche et de développement agricole au sud du Sahara*. Ministère de la Coopération Française et Centre International de Recherche en Agriculture pour le Développement, Paris.
- Poschenrieder, C., Gunce, B., Corrales, I. & Barceló, J. 2008. A glance into aluminum toxicity and resistance in plants. *Science of the Total Environment* 400: 356-368.
- Póvoas, I. & Barral, M. F. 1992. *Métodos de Análise de Solos*. Comunicações Instituto de Investigação Científica Tropical, Série de Ciências Agrárias-10. Ministério do Planeamento e da Administração do Território, Secretaria de Estado da Ciência e Tecnologia, Lisboa.
- Porfírio da Silva, V. 1994. Sistemas silvipastoril (*Grevillea*+pastagem) uma proposição para a aumento de produção no arenito Caiuá: *In*. Congresso Brasileiro Sobre Sistemas Agro-florestais. Porto velho. Anais. Colombo. Embrapa Florestas 2: 291-297.
- Radomski, M. I. & Ribaski, J. 2012. Fertilidade do solo e produtividade da pastagem em sistemas silvipastoril com *Grevillea robusta*. *Pesquisa Florestal Brasileira* 32(69), 53-61.
- Rengel, Z. 1996. Uptake of by plant cells. *New Phytologist*, Oxford 134: 389-406.
- Ricardo, R. P., Raposo, J. A. & Madeira, M. 2006. Estudos dos solos de Angola pelo Instituto Superior de Agronomia e pelo Instituto de Investigação Científica

- Tropical. Contribuição para ciência do solo tropical. *In: Moreira, I. (org) Angola.Agricultura, Recursos Naturais, Desenvolvimento Rural*, Vol. I, pp. 97-120. ISApres, Lisboa.
- Ricardo, R. P. 1969. Aspectos químicos e físico-químicos relacionados com as argilas ácidas. *Revista Agros* 52 (4-6): 79-85.
- Rhoades, J. D. 1982. Cation Exchange capacity. *In: Page, A.L., Miller, R. H. & Keeney, D.R. (ed) Methods of Soil Analysis. Part 2 – Chemical and Microbiological* (2<sup>nd</sup> edition), pp. 149-157.
- Ryan, P. R. & Delhaize, E. 2010. The convergent evolution of aluminum resistance in plants exploits a convenient currency. *Functional Plant Biology* 37: 275-284.
- Sanchez, P. A. 1976. *Properties and Management of Soils in the Tropics*. John Wiley and Sons, New York.
- Sanchez, P. A. 2002. Soil fertility and hunger in Africa. *Science* 295(5562): 2019-2020.
- Sanchez, P. A., Bandy, D. E. & Villachia, J. H. 1983. Soil fertility dynamics after clearing a tropical rain forest in Peru. *Soil Science Society of America Journal* 47: 1171-1178.
- Sanchez, P. A. & Logan, Terry J. 1992. Myths and science about the chemistry and fertility of soils in the tropics. *In: R. Lal & P. A. Sanchez (eds) Myths and Science of Soils of the Tropics*, pp. 35-46. Soil Science Society of America (SSSA) Special Publication nº 29. SSSA, ASA, Madison.
- Sanchez, P. A. & Uehara, G. 1980. Management considerations for acid soils with high phosphorus fixation capacity. *In: F. E. Khasawneh, E. C. Sample & E. J. Kamprath (eds) The Role of Phosphorus in Agriculture*, pp. 471-514. ASA, Madison.
- Sanchez, P. A., Shepherd, K. D., Soule, M. J., Place, F. M., Buresh, R. J., Izac, A. M. N., Mkwunye, A. U., Kwesiga, F. R., Ndiritu, C. G. & Woomer, P. L. 1997. *Soil Fertility Replenishment in Africa: An Investment in Natural Resource Capital*. *In: Buresh, R. J., Sanchez, P. A. & Calhoun, F. (eds). Replenishing Soil Fertility in Africa*, p. 1-46. SSSA e ICAF Special Publication Number 51. SSSA Soil Science Society of America, American Society of Agronomy, Inc., Madison.
- Sanchez, P. A. & Swaminathan, M. S. 2005. Cutting world hunger in half. *Science* 307: 357-359.
- Sauvé, L., Orellana, I. & Qualman, S. 2000. *La Educación Ambiental: Una Relación Constructivista entre la Escuela y la Comunidad-Guía de Formación e Intervención en Educación Ambiental*. Québec: Edamaz/ Université du Québec à Montreal Bibliothèque Nationale du Canada.
- Schaberg, P. G., Tilley, J. W., Hawley, G. J., DeHayes, D. H. & Bailey, S. W. 2006. Associations of calcium and aluminum with the growth and health of sugar maple trees in Vermont. *Forest Ecology and Management* 223: 159-169.
- Silva, C. L. 1998. *Avaliação Fisiológica da Tolerância ao Alumínio e Utilização de Marcadores Moleculares em Stylosanthes guianensis*. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal.

- Silva, I. R., Ferrufino, A., Sanzonowicz, C., Smyth, T. J., Israel, D. W. & Carter, T. E. 2005. Interactions between magnesium, calcium, and aluminum on soybean root elongation. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 29: 747-754.
- Soil Survey Staff (SSS). 1999. Soil Taxonomy (2<sup>nd</sup> edition). *Soil Taxonomy: A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys*. United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service. Agriculture Handbook Number 436 2<sup>nd</sup>ed, 869 pp United States Department of Agriculture, Washington
- Tandon, H. L. S. 1993. *Soil Fertility and Fertilizer Use - an Overview of Research for Increasing and Sustaining crop Productivity*. Workshop on the Integration of Natural and Man-made Chemicals in Sustainable Agriculture in Asia. Int. Council of Scientific Union, New Delhi. (Unpublished monography).
- Teixeira, A. M. 2006. *Os Minerais de Ferro e de Alumínio nos Solos de Angola*. Dissertação de Mestrado. Universidade Agostinho Neto/Faculdade de Ciências Agrárias. Instituto Superior de Agronomia/Universidade Técnica de Lisboa. Huambo.
- Ucuahamba, B. L., Abreu, F.G & Ricardo, R. P. 2006. Aspectos agroclimáticos de Angola. In: Moreira, I. (org) *Angola. Agricultura, Recursos Naturais, Desenvolvimento Rural*, Vol. I, pp. 15- 38. ISApres, Lisboa.
- Ucuassapi, A. P. 2006. *Acerca da Fertilidade dos Solos de Angola. I. Alguns conceitos e princípios gerais*. Dissertação de Mestrado Universidade Agostinho Neto/Faculdade de Ciências Agrárias. Instituto Superior de Agronomia/Universidade Técnica de Lisboa. Huambo.
- Uehara, G. & Gillman, G. 1981. *The Mineralogy, Chemistry and Physics of Tropical Soils with Variable Charge Clays*. Westview Press, Boulder, CO.
- Ulrich, B., Mayer, R. & Khanna, P. K. 1980. Chemical changes due to acid precipitation in a loess-derived Soil in Central Europe. *Soil Science*. 130:193-199.
- Van der Watt, H. & Valentin, C. 1992. Soil Crusting: the African view. In: M.E. Summer and B.A Stewart (ed) *Soil Crusting: Chemical and Physical Processes, advance in Soil Science*, Lewis Publ. Boca Raton pp. 301-338.
- Van Wambeke, A. 1992. *Soil of the Tropics. Properties and Appraisal*. (ed.). McGraw-Hill Inc., New York.
- Watanabe, T. & Olsen, S.R. 1965. Test of an ascorbic acid method for determining phosphorus in water and NaHCO<sub>3</sub> extracts from soil. *Soil Science Society of America Proceedings* 29: 677-678.
- Wild, A. 1988. Soil acidity and alkalinity. In: Wild A (ed) *Russell's Soil Conditions and Plant Growth*, pp. 844–889. Longman, Harlow.
- Wong, M. T. F., Akyeampong, E., Nortcliff., Rao, M. R. & Swift, R. S. 1995. Initial responses of maize and beans to decreased concentrations of monomeric inorganic aluminium with application of manure or tree prunings to an Oxisol in Burund. *Plant and Soil* 171: 275-282.
- WRB. 2006. *World Reference Base for Soil Resources*. 2<sup>nd</sup> edition. World Soil Resources Reports No. 103. FAO, Rome.
- Zaia, F. C. & Gama-Rodrigues, A. C. 2004. Ciclagem e balanço de nutrientes em povoamento de eucalipto na região norte Fluminense. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 28 nº 5, viçosa.



# **ANEXOS**



## **ANEXO I**

### **Características Físicas e Químicas de Solos Fracamente Ferrálicos**





**Anexo I.1** - Características físicas e químicas dos Solos Fracamente Ferrálicos Amarelos estudados: Granulometria: elementos grosseiros (EG > 2 mm), areia grossa (AG), areia fina (AF), limo (L); argila (A); teor de C orgânico (C<sub>org</sub>); pH em H<sub>2</sub>O e KCl, bases de troca (Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>), alumínio de troca (Al<sup>3+</sup>), soma de bases de troca (SB), capacidade de troca catiônica (pH 8,1) (CTC) e grau de saturação em bases (GSB)

Horizonte	Prof cm	Granulometria						pH		Complexo de troca								
		EG	AG	AF	L	A	C <sub>org</sub>	H <sub>2</sub> O	KCl	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>	SB	CTC	GSB	
		-----g kg <sup>-1</sup> -----						-----cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> -----										
Pédone 375/55 Solos Fracamente Ferrálicos Amarelos, rochas eruptivas																		
Ah1	0-10	0	545	347	23	86	6,0	5,7	4,7	0,49	0,30	0,17	0,14	0,36	1,10	2,22	49,55	
Bws1	10-23	0	549	277	87	90	2,9	5,2	4,4	0,05	0,15	0,15	0,02	0,34	0,37	1,61	22,98	
Bws2	23-35	0	513	240	83	156	2,8	5,1	4,3	0,05	0,14	0,16	0,01	0,51	0,36	2,26	15,93	
Bws3	35-60	0	435	208	77	282	2,1	4,6	4,1	0,06	0,07	0,21	0,05	0,80	0,39	2,86	13,64	
Bws4	65-95	0	386	217	78	314	1,4	4,8	4,1	0,07	0,06	0,15	0,05	1,05	0,33	3,23	10,22	
BC	120-150	0	380	260	76	283	0,6	4,6	3,9	0,08	0,16	0,12	0,07	0,68	0,43	2,23	19,28	
Pédone 276/56 Solos Fracamente Ferrálicos Amarelos, rochas eruptivas																		
Ah1	0-12	4	725	150	0	119	8,9	6,3	5,7	1,65	0,74	0,12	0,09	0,00	2,60	4,27	60,89	
Ah2	12-30	7	760	95	7	138	2,8	6,2	5,1	0,72	0,51	0,09	0,01	0,00	1,33	2,70	49,26	
AB	30-60	22	676	108	39	183	1,7	5,9	4,7	0,35	0,51	0,07	0,02	0,03	0,95	2,65	35,85	
Bws1	60-86	41	589	107	28	281	1,2	5,4	4,4	0,35	0,65	0,07	0,00	0,42	1,07	3,37	31,75	
Bws2	86-126	8	480	101	24	406	0,9	5,5	4,5	0,57	0,17	0,08	0,03	0,66	0,85	3,63	23,42	
Bws3	140-180	16	501	128	21	355	0,5	5,4	4,4	0,49	0,36	0,06	0,02	0,43	0,93	3,03	30,69	
Pédone 69/58 Solos Fracamente Ferrálicos Amarelos, rochas cristalinas																		
Ah1	0-11	0	715	99	33	156	10,8	6,3	5,5	2,54	0,93	0,27	0,11	0,09	3,85	6,30	61,11	
AB	11-24	0	722	104	23	152	4,3	6,2	5,1	0,72	0,45	0,24	0,11	0,07	1,52	3,39	44,84	
Bws1	36-57	0	516	77	74	354	3,4	6,1	5,0	0,76	0,31	0,49	0,09	0,05	1,65	4,20	39,29	
Bws2	57-85	0	354	77	54	517	2,6	5,4	5,4	0,68	0,00	0,18	0,05	0,25	0,91	4,35	20,92	
Bws3	90-120	0	336	80	59	544	-	5,3	4,7	0,66	0,00	0,11	0,08	0,25	0,85	4,31	19,72	
Bws4	130-160	0	349	95	58	516	-	5,4	5,0	0,57	0,00	0,10	0,06	0,14	0,73	3,91	18,67	
Pédone 18/59 Solos Fracamente Ferrálicos Amarelos, rochas cristalinas quartzíferas																		
Ah	0-6	0	487	335	25	152	23,1	4,3	3,7	0,37	0,27	0,13	0,06	0,39	0,83	9,03	9,19	
AB	6-26	0	442	356	30	171	12,3	4,4	3,8	0,07	0,08	0,05	0,08	0,67	0,28	3,59	7,80	
Bw1	26-58	0	388	331	35	245	4,2	4,8	4,5	0,05	0,04	0,04	0,07	0,54	0,20	3,78	5,29	
Bw2	58-110	0	340	271	35	353	6,0	4,7	3,7	0,04	0,02	0,04	0,07	0,37	0,17	4,74	3,59	
C	130-170	0	391	194	31	382	5,0	5,4	3,9	0,27	0,07	0,13	0,22	0,28	0,69	4,52	15,27	

# **Anexo I. 1 – (continuação)**

Horizonte	Prof cm	Granulometria						pH		Complexo de troca							
		EG	AG	AF	L	A	C <sub>org</sub>	H <sub>2</sub> O	KCl	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>	SB	CTC	GSB
		-----g kg <sup>-1</sup> -----						-----cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> -----								%	
Pédone 230c/60 Solos Fracamente Ferrálicos Amarelos, rochas eruptivas ou cristalinas quartzíferas																	
Ah1	0-5	0	564	172	236	236	10,9	4,5	4,4	1,02	0,43	0,14	0,16	1,05	1,75	7,69	22,76
Ah2	5-14	0	500	156	277	277	9,1	4,4	4,1	0,85	0,32	0,12	0,20	1,50	1,49	6,97	21,38
Ah3	14-34	0	483	173	291	291	7,1	4,5	4,2	0,89	0,35	0,10	0,23	1,47	1,57	6,83	22,99
Ah4	34-60	0	394	188	361	361	6,1	4,6	4,3	1,03	0,26	0,09	0,14	1,34	1,52	5,80	26,21
Bws1	60-85	0	335	237	386	386	5,1	4,7	4,3	0,36	0,22	0,06	0,16	1,33	0,80	4,98	16,06
Bws2	90-130	0	349	227	397	397	-	4,8	4,4	-	-	-	-	0,92	-	-	-
Bws3	140-160	0	324	257	397	397	-	4,7	4,3	-	-	-	-	0,70	-	-	-
Pédone 135/62 Solos Fracamente Ferrálicos Amarelos, rochas cristalinas quartzíferas																	
Ah	0-10	0	537	312	20	105	8,9	5,6	5,1	1,62	0,57	0,12	0,02	0,00	2,33	4,98	46,79
AB	10-20	0	360	492	17	126	3,7	4,9	4,5	0,54	0,52	0,14	0,02	0,00	1,22	3,30	36,97
Bw1	20-32	0	414	346	10	223	2,5	5,4	4,3	0,53	0,86	0,28	0,06	0,06	1,73	4,72	36,65
Bw2	32-65	0	350	345	35	272	2,6	5,0	4,5	0,44	1,14	0,12	0,08	0,05	1,78	4,82	36,93
BC	75-105	0	341	368	38	255	-	5,0	4,3	0,36	1,09	0,12	0,11	0,18	1,68	4,45	37,75

**Anexo I.2 - Características físicas e químicas dos Solos Fracamente Ferrálicos Alaranjados estudados:** Granulometria: elementos grosseiros (EG > 2 mm), areia grossa (AG), areia fina (AF), limo (L); argila (A); teor de C orgânico (C<sub>org</sub>); pH em H<sub>2</sub>O e KCl, bases de troca (Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>), alumínio de troca (Al<sup>3+</sup>), soma de bases de troca (SB), capacidade de troca catiônica (pH 8,1) (CTC) e grau de saturação em bases (GSB)

Horizonte	Prof cm	Granulometria						pH		Complexo de troca								
		EG	AG	AF	L	A	C <sub>org</sub>	H <sub>2</sub> O	KCl	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>	SB	CTC	GSB	
		-----g kg <sup>-1</sup> -----						-----cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> -----									%	
154/55 Solos Fracamente Ferrálicos Alaranjados, rochas eruptivas																		
Ah	0-8	0	481	331	68	118	7,9	5,9	4,4	0,67	0,44	0,22	0,04	0,00	1,37	3,08	44,48	
Bws1	9-25	0	499	322	54	193	6,8	6,4	4,3	0,29	0,32	0,24	0,04	0,00	0,89	2,64	33,71	
Bws2	30-60	0	264	254	80	401	3,9	5,5	3,2	0,22	0,35	0,28	0,05	0,17	0,90	3,42	26,32	
RC	70-100	0	334	264	87	313	1,8	5,4	4,0	0,33	0,63	0,27	0,05	0,08	1,28	3,64	35,16	
C	120-150	0	312	230	65	391	2,0	5,4	4,0	0,25	0,39	0,32	0,08	0,21	1,04	3,23	32,20	
Pédone 136/56 Solos Fracamente Ferrálicos Alaranjados, rochas eruptivas ou cristalinas quartzíferas																		
Ah	0-12	0	252	405	58	255	18,8	4,9	4,1	0,08	0,09	0,02	0,03	1,67	0,22	6,13	3,59	
AB	10-37	0	203	447	68	280	9,5	5,0	4,2	0,02	0,02	0,02	0,03	1,10	0,09	3,61	2,49	
Bws1	37-73	0	158	412	70	350	4,7	5,4	4,4	0,02	0,01	0,03	0,05	0,64	0,11	3,01	3,65	
Bws2	80-105	0	115	414	84	387	3,7	5,7	4,5	0,01	0,00	0,04	0,07	0,36	0,12	2,79	4,30	
Pédone 31/59 Solos Fracamente Ferrálicos Alaranjados, rochas cristalofílicas																		
Ah	0-5	0	161	548	55	234	16,3	5,0	3,6	1,05	0,68	0,05	0,36	0,83	2,14	6,46	33,13	
Bw1	5-38	0	141	500	67	290	5,4	5,0	3,6	0,22	0,10	0,17	0,28	2,31	0,77	5,06	15,22	
Bw2	38-70	0	139	430	78	351	5,9	5,4	3,6	0,26	0,08	0,05	0,34	2,23	0,73	5,19	14,07	
Bw3	70-110	0	134	392	78	393	4,5	5,1	3,7	0,15	0,06	0,11	0,77	2,31	1,09	4,90	22,24	
C	130-170	0	206	449	100	243	3,6	5,8	3,9	0,17	0,04	0,17	0,28	1,06	0,66	3,26	20,25	
Pédone 143c/60 Solos Fracamente Ferrálicos Alaranjados, rochas eruptivas																		
Ah	0-9	0	217	501	29	251	25,1	6,3	5,4	7,00	1,60	0,24	0,10	0,00	8,94	12,9	69,3	
AB	10-20	0	189	443	13	353	11,8	4,3	4,9	3,30	0,63	0,10	0,08	0,00	4,11	5,34	76,97	
Bw1	20-39	0	163	395	19	421	8,3	4,5	5,0	2,09	0,34	0,04	0,06	0,00	2,53	3,85	65,71	
Bw2	39-81	0	119	453	15	412	6,7	5,7	5,1	1,70	0,20	0,05	0,11	0,00	2,06	3,87	53,23	
Bw3	81-120	0	168	433	22	375	4,0	6,3	5,8	1,31	0,13	0,04	0,08	0,00	1,56	2,75	56,73	
C	120-160	0	167	436	24	372	4,4	6,4	5,7	1,23	0,14	0,05	0,06	0,00	1,48	2,31	64,07	

## Anexo I.2 – Continuação

Horizonte	Prof cm	Granulometria						pH		Complexo de troca							
		EG	AG	AF	L	A	C <sub>org</sub>	H <sub>2</sub> O	KCl	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>	SB	CTC	GSB
		-----g kg <sup>-1</sup> -----						-----cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> -----								%	
Pédone 402/62 Solos Fracamente Ferrálicos Alaranjados, rochas cristalinas quartzíferas																	
Ah1	0-9	0	231	425	18	326	13,5	6,4	5,5	4,48	1,40	0,52	0,01	0,00	6,41	9,51	67,4
Ah2	9-21	0	164	358	13	465	10,3	5,5	4,5	2,08	0,60	0,43	0,06	0,10	3,17	7,62	41,6
AB	21-36	0	105	273	35	587	7,5	5,3	4,4	1,09	0,25	0,21	0,04	0,54	1,59	5,68	27,99
Bw1	36-67	0	99	257	24	620	3,9	5,3	4,5	0,63	0,36	0,23	0,04	0,47	1,26	5,44	23,16
Bw2	70-110	0	109	255	41	595	2,3	5,4	4,4	0,61	0,36	0,21	0,04	0,38	1,22	4,81	25,36
C	120-165	10	102	281	15	602	-	5,6	4,5	-	-	-	-	0,23	-	-	-
Pédone 24/63 Solos Fracamente Ferrálicos Alaranjados, rochas cristalinas quartzíferas																	
Ah1	0-10	0	318	425	43	214	11	5,5	4,1	-	-	-	-	0,37	-	-	-
Ah2	11-27	0	309	401	15	275	7,8	5,2	4,1	-	-	-	-	0,46	-	-	-
Bw	27-51	10	304	392	37	267	5,8	4,5	3,9	0,03	0,01	0,08	0,04	1,03	0,16	4,07	3,93
BC	51-65	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,21	-	-	-
C	70-100	60	256	375	16	353	-	4,8	4,0	0,03	0,01	0,01	0,03	1,32	0,08	4,60	1,74
Pédone 50/64 Solos Fracamente Ferrálicos Alaranjados, rochas cristalinas quartzíferas																	
Ah1	0-14	10	489	152	10	349	20,1	5,7	4,1	0,55	0,00	0,17	0,10	0,00	0,82	8,39	9,77
Ah2	14-27	20	484	137	15	364	11,1	6,7	4,4	0,25	0,00	0,03	0,00	0,21	0,28	5,39	5,19
Ah3	27-43	40	386	152	12	450	9,1	6,2	4,3	0,31	0,00	0,02	0,02	0,12	0,35	5,74	6,1
Bws1	43-67	40	381	136	49	434	6,7	5,5	4,4	0,24	0,00	0,03	0,04	0,00	0,31	5,50	5,64
Bws2	67-97	10	365	124	39	472	5,2	5,2	4,3	0,22	0,00	0,05	0,05	0,00	0,32	5,41	5,91
C	110-150	10	323	144	37	496	-	5,8	4,4	-	-	-	-	0,00	-	-	-
Pédone 210c/65 Solos Fracamente Ferrálicos Alaranjados, rochas eruptivas																	
Ah1	0-10	0	447	418	4	131	6,9	5,1	4,3	0,55	0,27	0,12	0,03	0,17	0,97	4,15	23,37
Ah2	10-30	0	391	396	8	205	5,7	4,8	4,1	0,28	0,04	0,03	0,09	0,69	0,44	3,76	11,70
Bw1	30-50	0	384	382	11	223	3,9	4,4	4,1	0,20	0,02	0,03	0,07	0,91	0,32	3,77	8,49
Bw2	50-90	0	297	408	17	278	3,2	4,2	4,1	0,23	0,07	0,08	0,16	0,87	0,54	3,82	14,14
Bw3	90-140	10	310	379	19	292	-	4,7	4,1	0,12	0,01	0,02	0,07	0,97	0,22	3,57	6,16
C	140-190	0	311	379	24	286	-	4,9	4,2	-	-	-	-	0,89	-	-	-

**Anexo I.3** - Características físicas e químicas dos Solos Fracamente Ferrálicos Laranja estudados: Granulometria: elementos grosseiros (EG> 2 mm), areia grossa (AG), areia fina (AF), limo (L); argila (A); teor de C orgânico (C<sub>org</sub>); pH em H<sub>2</sub>O e KCl, bases de troca (Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>), alumínio de troca (Al<sup>3+</sup>), soma de bases de troca (SB), capacidade de troca catiónica (pH 8,1) (CTC) e grau de saturação em bases (GSB).

Horizonte	Prof  cm	Granulometria						pH		Complexo de troca							
		EG	AG	AF	L	A	C <sub>org</sub>	H <sub>2</sub> O	KCl	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>	SB	CTC	GSB
		-----g kg <sup>-1</sup> -----						-----cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> -----									%
Pédone 336/55 Solos Fracamente Ferrálicos Laranja, rochas eruptivas ou cristalofílicas quartzíferas																	
Ah1	0-6	0	454	242	112	176	13,0	6,2	5,6	2,65	1,15	0,28	0,03	0,01	4,11	5,57	73,79
Ah2	6-17	0	429	214	126	225	10,5	5,9	5,1	1,99	1,14	0,11	0,04	0,02	3,28	5,86	55,97
Bws1	17-43	0	386	190	111	312	8,5	5,2	4,6	0,88	0,86	0,07	0,07	0,08	1,88	4,68	40,17
Bws2	55-90	0	345	194	86	370	5,2	5,6	4,4	0,31	1,08	0,06	0,07	0,31	1,52	3,84	39,58
C	100-135	0	371	178	77	371	2,7	5,5	4,7	0,77	0,69	0,07	0,07	0,04	1,6	3,61	44,32
Pédone 87/56 Solos Fracamente Ferrálicos Laranja, rochas eruptivas ou cristalofílicas quartzíferas																	
Ah1	0-7	30	247	464	44	243	18,0	6,1	4,9	1,40	1,00	0,25	0,05	0,24	2,70	8,52	31,69
Ah2	7-15	40	216	476	43	264	10,7	5,8	4,5	0,39	0,48	0,22	0,02	0,16	1,11	5,97	18,59
AB	15-33	90	141	439	47	371	7,0	5,4	4,4	0,25	0,27	0,12	0,09	0,41	0,73	6,02	12,13
Bws1	33-65	100	133	404	69	393	3,9	5,4	4,4	0,39	0,23	0,10	0,01	0,72	0,73	4,72	15,47
Bws2	65-100	80	129	431	63	375	3,5	5,5	4,5	0,33	0,44	0,05	0,06	0,55	0,88	4,41	19,95
Bws3	100-135	0	124	430	58	386	2,2	5,5	4,6	0,36	0,29	0,04	0,07	0,36	0,76	4,05	18,77
Bws4	136-175	0	110	440	63	382	1,9	5,5	4,4	-	-	-	-	0,29	-	-	-
Pédone 156c/60 Solos Fracamente Ferrálicos Laranja, rochas eruptivas ou cristalinas quartzíferas																	
Ah	0-9	0	42	269	98	589	21,5	5,0	4,5	1,45	0,31	0,16	0,21	0,52	2,13	8,83	24,12
AB	9-22	0	49	232	99	630	13,7	5,1	4,5	1,21	0,00	0,10	0,32	0,62	1,63	7,93	20,55
Bw1	22-53	0	43	221	111	620	8,4	5,5	4,7	0,83	0,00	0,08	0,28	0,43	1,19	6,71	17,73
Bw2	60-100	0	36	215	171	577	6,0	5,6	4,7	0,48	0,00	0,06	0,08	0,42	0,62	10,11	6,13
RC	107-130	0	35	196	176	591	-	5,4	4,7	-	-	-	-	0,31	-	-	-
C	130-170	0	37	189	165	607	-	5,5	4,8	-	-	-	-	0,21	-	-	-
Pédone 355/60 Solos Fracamente Ferrálicos Laranja, rochas cristalinas quartzíferas																	
Ah1	0-10	0	118	606	26	248	15	5,6	4,3	1,09	0,39	0,27	0,03	0,16	1,78	5,96	29,87
Ah2	10-24	0	107	600	31	266	8,4	5,3	4,0	0,20	0,05	0,12	0,03	0,68	0,40	4,5	8,89
BA	24-36	0	104	585	38	272	6,6	5,4	4,1	0,12	0,06	0,16	0,05	0,44	0,39	4,25	9,18
Bw1	36-65	0	80	571	30	317	4,6	5,2	4,1	0,07	0,04	0,11	0,03	0,35	0,25	3,83	6,53

### Anexo I.3 – Continuação

Horizonte	Prof  cm	Granulometria						pH		Complexo de troca							
		EG	AG	AF	L	A	C <sub>org</sub>	H <sub>2</sub> O	KCl	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>	SB	CTC	GSB
		-----g kg <sup>-1</sup> -----								-----cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> -----							
Pédone 121/70 Solos Fracamente Ferrálicos Laranja, rocha sedimentar consolidada não calcária argilácea																	
Ah1	0-15	0	140	212	70	578	21,5	5,1	4,0	0,83	0,49	0,11	0,03	3,4	1,46	10,58	13,8
Ah2	15-38	0	148	239	146	467	15,6	5,1	4,1	0,18	0,04	0,02	0,03	3,4	0,27	8,60	3,14
Ah3	38-64	0	133	208	96	563	11,8	5,1	4,1	0,14	0,03	0,02	0,06	2,5	0,25	6,95	3,60
Bws1	70-105	0	125	189	104	582	7,4	5,2	4,2	0,06	0,02	0,02	0,03	1,8	0,13	7,55	1,72
Bws2	120-160	0	119	188	87	606	4,2	5,4	4,2	0,11	0,02	0,01	0,03	1,5	0,17	5,96	2,85

**Anexo I.4** - Características físicas e químicas dos Solos Fracamente Ferrálicos Vermelhos estudados: Granulometria: elementos grosseiros (EG> 2 mm), areia grossa (AG), areia fina (AF), limo (L); argila (A); teor de C orgânico (C<sub>org</sub>); pH em H<sub>2</sub>O e KCl, bases de troca (Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>), alumínio de troca (Al<sup>3+</sup>), soma de bases de troca (SB), capacidade de troca catiónica (pH 8,1) (CTC) e grau de saturação em bases (GSB).

Horizonte	Prof cm	Granulometria						pH		Complexo de troca								
		EG	AG	AF	L	A	C <sub>org</sub>	H <sub>2</sub> O	KCl	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>	SB	CTC	GSB	
		-----g kg <sup>-1</sup> -----						1M		-----cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> -----								%
Pédone 189/55 Solos Fracamente Ferrálicos Vermelhos, doleritos e basaltos																		
Ah	0-7	8	385	436	55	122	10,7	5,9	4,8	1,28	0,50	0,15	0,03	0,00	1,96	3,87	50,65	
BA	7-28	1	-	-	-	-	3,7	5,6	4,7	0,22	0,20	0,08	0,02	0,00	0,52	1,56	33,33	
Bw1	28-50	0	326	298	84	296	1,9	5,4	4,6	0,13	0,43	0,24	0,04	0,03	0,84	2,32	36,21	
Bw2	50-80	0	177	302	58	456	1,7	5,5	4,5	0,23	0,51	0,24	0,04	0,00	1,02	3,20	31,88	
BW3	90-118	0	151	326	56	465	0,8	5,5	4,8	0,18	0,59	0,11	0,02	0,00	0,90	2,53	35,57	
BW4	125-155	0	172	345	68	413	0,5	5,5	5,0	0,16	0,73	0,12	0,02	0,00	1,03	2,43	42,39	
Pédone 215/56 Solos Fracamente Ferrálicos Vermelhos, rochas eruptivas ou cristalofílicas quartzífera																		
Ah1	0-6	10	434	255	32	277	20,3	6,8	5,5	2,40	1,52	0,25	0,20	0,00	4,37	8,41	51,96	
AB	6-17	59	468	223	19	289	7,7	6,3	4,8	0,36	0,67	0,25	0,07	0,05	1,35	4,65	29,03	
Bw1	17-30	4	320	229	19	428	5,4	5,8	4,6	0,35	0,40	0,29	0,03	0,24	1,07	5,34	20,04	
Bw2	30-50	38	213	185	15	575	4,1	5,6	4,6	0,36	0,32	0,23	0,05	0,37	0,96	5,17	18,57	
BC	50-85	14	178	202	43	585	2,3	5,8	4,7	0,32	0,40	0,17	0,11	0,15	1,00	4,53	22,08	
C1	85-122	9	185	215	45	570	1,9	6,0	4,8	0,36	0,26	0,09	0,05	0,14	0,76	4,20	18,10	
C2	122-162	5	170	226	47	573	1,3	5,8	4,8	0,33	0,47	0,08	0,06	0,06	0,94	4,08	23,04	
C3	178-218	13	168	218	37	585	1,1	5,7	4,7	-	-	-	-	0,25	-	-	-	
Pédone 151c/60 Solos Fracamente Ferrálicos Vermelhos, rochas eruptivas ou cristalinas quartzífera																		
Ah1	0-8	0	183	216	44	555	15,4	5,6	5,3	0,91	1,75	0,33	0,18	0,10	3,17	6,42	49,38	
Ah2	8-35	0	168	192	44	595	8,3	4,9	4,9	0,44	0,63	0,21	0,09	0,14	1,37	5,27	26,00	
Bw1	35-68	0	162	184	94	559	3,2	5,2	5,2	0,32	0,80	0,23	0,04	0,11	1,39	4,29	32,40	
Bw2	68-107	0	141	195	98	565	2,5	5,5	5,4	0,31	0,75	0,33	0,17	0,13	1,56	3,78	41,27	
Bw3	107-140	0	168	182	95	554	-	5,4	5,3	-	-	-	-	0,15	-	-	-	
Bw4	1440-180	0	143	179	83	577	-	5,4	5,5	-	-	-	-	0,12	-	-	-	



Anexo I. 4 – (continuação)

		Granulometria						pH		Complexo de troca								
Horizonte	Prof cm	EG	AG	AF	L	A	C <sub>org</sub>	H <sub>2</sub> O	KCl	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>	SB	CTC	GSB	
		-----g kg <sup>-1</sup> -----						1M		-----cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> -----								%
Pédone 154/61 Solos Fracamente Ferrálicos Vermelhos, rochas cristalinas quartzífera																		
Ah1	0-10	0	339	161	39	460	19,6	5,3	4,6	1,35	0,99	0,25	0,06	0,02	2,65	9,53	27,81	
Bw1	10-40	0	268	130	0	602	7,8	5,1	4,3	0,05	0,08	0,06	0,08	0,00	0,27	6,03	4,48	
Bw2	40-70	0	178	102	56	664	3,3	5,3	4,7	-	-	-	-	0,00	-	-	-	
Bw3	70-100	0	187	117	46	641	-	5,7	5,1	0,08	0,28	0,03	0,12	0,00	0,51	3,94	12,94	
Pédone 409/62 Solos Fracamente Ferrálicos Vermelhos, rochas cristalinas quartzífera																		
Ah1	0-20	0	159	354	41	446	13,1	5,6	4,7	1,26	0,99	0,27	0,05	0,02	2,57	7,15	35,94	
Ah2	20-50	0	136	277	34	552	6,0	5,0	4,5	0,48	0,94	0,10	0,04	0,24	1,56	5,20	30,00	
AB	50-80	0	106	298	49	547	3,1	5,6	4,7	0,63	0,75	0,06	0,03	0,00	1,47	4,04	36,39	
Pédone 201/63 Solos Fracamente Ferrálicos Vermelhos, rochas cristalinas quartzífera																		
Ah	0-12	0	80	214	113	594	-	5,4	4,6	2,84	1,45	0,16	0,03	0,00	4,48	12,20	36,72	
AB	12-30	0	72	177	68	684	-	4,9	4,3	0,46	0,09	0,10	0,02	0,85	0,67	7,35	9,12	
Bw1	30-70	0	69	160	132	638	-	4,7	4,3	0,15	0,03	0,05	0,03	0,51	0,26	9,44	2,75	
Bw2	70-100	0	70	154	112	665	-	5,2	4,6	0,40	0,07	0,91	0,06	0,00	1,44	7,70	18,70	
Pédone 95c/65 Solos Fracamente Ferrálicos Vermelhos, rochas eruptivas																		
Ah1	0-8	0	271	364	16	349	8,8	5,2	4,5	0,60	0,10	0,08	0,02	0,00	0,80	5,01	15,97	
Ah2	8-38	0	265	385	5	345	7,1	5,3	4,5	0,09	0,02	0,03	0,02	0,46	0,16	4,79	3,34	
Bw1	38-84	0	228	321	29	922	4,2	5,5	4,6	0,07	0,02	0,01	0,03	0,08	0,13	4,66	2,79	
Bw2	84-125	0	238	277	0	485	2,7	5,3	4,4	0,50	0,07	0,04	0,03	0,52	0,64	4,76	13,45	
Pédone 482/67 Solos Fracamente Ferrálicos Vermelhos, rochas cristalinas quartzífera																		
Ah	0-20	0	278	305	63	344	13,6	5,3	4,7	2,34	0,65	0,18	0,04	0,43	3,21	8,43	38,08	
Bw1	20-48	0	167	260	47	525	4,7	5,2	5,0	1,79	0,50	0,12	0,01	0,58	2,42	6,31	38,35	
Bw2	48-80	0	149	292	37	527	2,5	5,6	5,3	1,06	0,93	0,16	0,04	0,77	2,19	5,87	37,31	
Bw3	80-115	0	167	293	52	500	-	5,7	5,2	0,45	0,59	0,47	0,02	0,43	1,53	5,40	28,33	
Bw4	130-170	0	174	298	41	493	-	5,1	4,8	0,60	0,20	0,40	0,15	0,32	1,35	5,21	25,91	
Pédone 23/70 Solos Fracamente Ferrálicos Vermelhos, rochas cristalinas																		
Ah1	0-17	0	267	287	63	363	17,1	6,0	5,0	3,90	1,62	0,16	0,14	0,71	5,82	11,19	52,01	
Ah2	17-37	0	205	238	60	497	8,8	5,6	4,6	1,32	0,69	0,07	0,15	1,21	2,23	7,44	29,97	
Bws1	45-80	0	143	186	117	554	4,7	5,6	4,8	1,05	0,43	0,03	0,13	1,19	1,64	6,22	26,37	
Bws2	100-135	0	151	173	57	619	2,8	5,8	5,4	1,38	0,44	0,03	0,11	0,95	1,96	5,09	38,51	

## **ANEXO II**

### **Características Químicas dos Solos de Ecossistemas Florestais e Agrícolas da Estação Experimental Agrícola da Chianga**



**Anexo II.1** – Características químicas dos solos de ecossistemas florestais e agrícolas: mata de panda (MP) e cultura de milho (MPM), *Pinus patula* (PI) e cultura de milho (PIM), *Eucalyptus grandis* (EU) e cultura de milho (EUM), *Grevillea robusta* (GR) e cultura de milho (GRM) às profundidades de 0 -10; 10-20 e 20-30 cm; pH em H<sub>2</sub>O e KCl; teor de carbono orgânico (C<sub>org</sub>); bases extraíveis (Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup> e Na<sup>+</sup>), soma de bases (SB); alumínio extraível (Al<sup>3+</sup>), capacidade de troca catiónica efectiva (CTCE); grau de saturação em alumínio (GSA) e fósforo de Olsen (P<sub>OL</sub>).

Código	pH		C <sub>org</sub> g kg <sup>-1</sup>	Bases Extraíveis				SB	Al <sup>3+</sup>	CTCE	GSA (%)	P <sub>OL</sub> µg g <sup>-1</sup>
	H <sub>2</sub> O	KCl		Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>					
	-----cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> -----											
0 - 10 cm												
MP	5,09	3,87	34,1	0,68	0,41	0,27	0,09	1,45	1,33	2,78	47,92	4,71
MP	4,97	3,81	40,6	0,45	0,25	0,15	0,10	0,95	1,89	2,84	66,53	5,58
MP	5,50	4,07	21,4	0,36	0,41	0,26	0,15	1,18	0,99	2,17	45,72	0,49
MP	5,30	4,01	21,3	0,35	0,27	0,13	0,11	0,88	0,98	1,86	52,71	2,9
MP	5,03	3,92	31,6	0,45	0,40	0,19	0,13	1,16	1,34	2,50	53,51	2,93
MP	5,50	4,13	34,9	0,99	1,06	0,24	0,12	2,41	0,94	3,35	27,95	3,85
MP	5,24	3,88	29,8	0,38	0,44	0,23	0,14	1,19	1,38	2,57	53,66	3,95
MP	5,59	3,97	33,2	0,43	0,57	0,27	0,11	1,38	0,00	1,38	0,00	3,12
MP	5,20	3,90	29,1	0,38	0,38	0,19	0,10	1,05	1,33	2,38	55,81	3,77
MP	5,04	3,81	22,9	0,38	0,23	0,18	0,12	0,91	1,60	2,51	63,69	2,73
MP	5,22	3,92	32,4	0,33	0,16	0,17	0,14	0,80	1,78	2,58	69,04	3,79
MP	4,96	3,74	38,9	0,55	0,37	0,13	0,11	1,16	1,54	2,70	57,10	2,94
MP	4,84	3,77	38,4	0,38	0,21	0,17	0,11	0,87	2,00	2,87	69,71	4,56
MP	5,14	3,89	26,1	0,35	0,21	0,25	0,15	0,96	1,47	2,43	60,49	4,89
MPM	5,35	4,18	21,6	1,24	0,41	0,15	0,12	1,92	0,95	2,87	33,15	0,00
MPM	5,12	4,04	20,8	0,67	0,31	0,13	0,11	1,22	0,89	2,11	42,15	0,00
MPM	5,21	4,13	17,3	0,59	0,25	0,15	0,12	1,11	0,25	1,36	18,14	0,00
MPM	5,30	4,13	18,0	0,56	0,28	0,14	0,10	1,08	0,76	1,84	41,43	0,00
MPM	5,32	4,14	24,4	0,67	0,34	0,16	0,10	1,27	0,64	1,91	33,44	0,00
MPM	4,94	3,97	17,3	0,38	0,18	0,08	0,11	0,75	1,08	1,83	59,02	0,00
MPM	4,94	3,97	21,9	0,29	0,16	0,08	0,10	0,63	1,30	1,93	67,32	0,00
MPM	5,17	4,12	20,4	0,44	0,21	0,10	0,12	0,88	0,89	1,77	50,34	0,00
MPM	5,10	4,07	13,1	0,35	0,17	0,08	0,09	0,69	0,89	1,58	56,38	0,00
MPM	4,91	4,02	17,8	0,44	0,20	0,09	0,11	0,84	0,89	1,73	51,33	0,00
MPM	5,05	4,05	19,4	0,35	0,17	0,10	0,10	0,73	0,82	1,55	52,9	0,00
MPM	5,16	4,05	17,6	0,43	0,22	0,13	0,10	0,87	0,88	1,75	50,34	0,00
MPM	5,10	4,01	12,0	0,46	0,22	0,11	0,12	0,92	0,92	1,84	49,95	0,00
MPM	5,04	4,04	10,3	0,39	0,18	0,08	0,11	0,77	0,93	1,70	54,81	0,00

# Anexo II.1 – Continuação

Trat	pH		C <sub>org</sub> g kg <sup>-1</sup>	Bases Extraíveis				SB	Al <sup>3+</sup>	CTCE	GSA (%)	P <sub>OL</sub> µg g <sup>-1</sup>
	H <sub>2</sub> O	KCl		Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>					
0 - 10 cm												
PI	4,84	3,90	17,3	0,32	0,12	0,05	0,13	0,63	1,82	2,45	74,29	3,02
PI	5,18	4,06	23,9	0,37	0,14	0,10	0,15	0,76	1,51	2,27	66,55	9,63
PI	5,20	4,02	24,0	0,36	0,13	0,08	0,13	0,71	1,38	2,09	66,00	6,98
PI	4,93	3,94	25,5	0,32	0,12	0,06	0,13	0,64	1,57	2,21	71,01	2,64
PI	4,91	3,94	13,0	0,30	0,11	0,04	0,13	0,59	1,55	2,14	72,46	5,70
PI	4,83	3,96	13,7	0,33	0,12	0,04	0,15	0,65	1,66	2,31	71,91	8,78
PI	4,86	3,91	14,5	0,32	0,13	0,06	0,15	0,65	1,59	2,24	70,98	0,23
PI	4,99	4,02	14,5	0,28	0,11	0,03	0,11	0,54	1,54	2,08	74,09	0,00
PI	4,87	3,94	13,6	0,31	0,12	0,05	0,14	0,63	1,51	2,14	70,62	4,42
PI	4,81	3,98	12,4	0,31	0,12	0,03	0,11	0,57	1,55	2,12	73,16	4,12
PI	4,85	4,03	12,3	0,26	0,10	0,03	0,10	0,48	1,37	1,85	74,05	17,02
PIM	4,78	3,94	18,4	0,33	0,11	0,06	0,10	0,61	1,51	2,12	71,17	11,08
PIM	4,87	4,03	13,1	0,11	0,04	0,07	0,13	0,35	1,33	1,68	79,19	9,45
PIM	4,74	3,96	14,0	0,07	0,03	0,06	0,12	0,28	1,38	1,66	83,09	5,39
PIM	4,71	3,94	14,6	0,09	0,03	0,05	0,12	0,30	1,35	1,65	81,82	7,92
PIM	4,56	3,90	14,8	0,05	0,02	0,03	0,12	0,22	1,40	1,62	86,44	4,75
PIM	4,59	3,91	14,7	0,05	0,02	0,04	0,12	0,23	1,29	1,52	84,85	11,88
PIM	4,56	3,93	11,8	0,04	0,02	0,03	0,11	0,20	1,37	1,57	87,23	4,41
PIM	4,58	3,95	15,0	0,05	0,02	0,04	0,11	0,22	1,38	1,60	86,25	4,26
PIM	4,82	3,95	16,8	0,06	0,04	0,07	0,12	0,29	1,36	1,65	82,40	27,76
PIM	4,88	3,96	19,4	0,08	0,04	0,08	0,13	0,34	1,37	1,71	80,09	34,18
PIM	4,83	4,01	16,3	0,08	0,03	0,05	0,11	0,27	1,34	1,61	83,27	26,28
EU	6,00	4,59	30,3	1,93	1,24	0,81	0,15	4,13	0,00	4,13	0,00	22,86
EU	6,15	4,63	26,7	1,44	1,15	0,95	0,15	3,68	0,00	3,68	0,00	26,15
EU	5,85	4,38	28,0	1,26	0,90	0,68	0,14	2,98	0,00	2,98	0,00	23,94
EU	5,70	4,30	30,4	0,99	0,89	0,53	0,12	2,54	0,00	2,54	0,00	22,80
EU	5,79	4,48	23,4	1,26	0,94	0,52	0,13	2,84	0,00	2,84	0,00	2,94
EU	5,53	4,20	22,7	0,75	0,66	0,36	0,13	1,90	0,00	1,90	0,00	2,39

# Anexo II.1 – Continuação

Código	pH		C <sub>org</sub>  g kg <sup>-1</sup>	Bases Extraíveis				SB	Al <sup>3+</sup>	CTCE	GSA  (%)	P <sub>OL</sub>  µg g <sup>-1</sup>
	H <sub>2</sub> O	KCl		Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>					
0 - 10 cm												
EUM	6,04	4,62	22,4	1,92	0,97	0,36	0,11	3,37	0,00	3,37	0,00	2,23
EUM	5,58	4,28	19,1	1,31	0,69	0,18	0,12	2,30	0,00	2,30	0,00	1,90
EUM	5,32	4,14	18,5	0,43	0,59	0,20	0,11	1,34	0,89	2,23	39,80	2,66
EUM	5,54	4,20	18,8	0,38	0,41	0,29	0,11	1,20	0,00	1,20	0,00	2,41
EUM	5,24	4,17	14,4	0,14	0,19	0,17	0,11	0,61	1,01	1,62	62,35	1,81
EUM	5,39	4,20	14,7	0,25	0,24	0,22	0,11	0,82	1,04	1,86	55,82	2,33
GR	6,37	5,42	31,0	10,69	2,32	0,86	0,11	13,98	0,00	13,98	0,00	1,90
GR	6,36	5,25	34,0	7,43	1,71	0,45	0,12	9,71	0,00	9,71	0,00	2,44
GR	6,17	5,19	41,4	9,36	2,14	0,47	0,11	12,09	0,00	12,09	0,00	2,11
GR	6,24	5,13	32,3	7,42	1,67	0,42	0,11	9,62	0,00	9,62	0,00	0,61
GR	6,26	5,07	34,5	7,15	1,92	0,66	0,08	9,81	0,00	9,81	0,00	2,53
GR	6,33	5,34	42,8	10,18	2,41	0,55	0,09	13,23	0,00	13,23	0,00	1,95
GR	6,07	4,90	22,1	6,73	1,50	0,42	0,08	8,73	0,00	8,73	0,00	2,89
GR	5,54	4,38	47,2	4,11	0,96	0,14	0,10	5,31	0,00	5,31	0,00	2,08
GR	6,24	5,09	36,5	7,34	0,83	0,43	0,11	8,70	0,00	8,70	0,00	2,38
GRM	5,44	4,29	20,9	1,84	2,12	0,42	0,10	4,48	0,00	4,48	0,00	2,32
GRM	5,03	4,09	21,1	0,85	0,24	0,21	0,11	1,42	0,00	1,42	0,00	2,81
GRM	5,07	4,11	20,7	1,03	0,32	0,26	0,09	1,71	0,00	1,71	0,00	2,70
GRM	4,94	4,04	18,9	0,83	0,27	0,20	0,11	1,41	0,00	1,41	0,00	1,12
GRM	5,16	4,13	20,9	1,11	0,20	0,21	0,10	1,61	0,00	1,61	0,00	2,32
GRM	5,14	4,09	15,9	0,94	0,29	0,29	0,11	1,63	0,00	1,63	0,00	2,32
GRM	5,23	4,14	19,7	1,40	0,46	0,36	0,09	2,30	0,00	2,30	0,00	2,47
GRM	5,36	4,21	19,8	1,38	0,46	0,44	0,08	2,36	0,43	2,79	15,41	2,14
GRM	5,65	4,37	25,9	2,04	0,65	0,64	0,09	3,41	0,00	3,41	0,00	2,74

# Anexo II.1 – Continuação

	pH		C <sub>org</sub> g kg <sup>-1</sup>	Bases Extraíveis				SB	Al <sup>3+</sup>	CTCE	GSA (%)	P <sub>OL</sub> µg g <sup>-1</sup>
	H <sub>2</sub> O	KCl		Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>					
-----cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> -----												
10 - 20 cm												
MP	5,36	4,10	8,5	0,06	0,05	0,10	0,10	0,31	0,94	1,25	75,16	5,29
MP	5,24	4,11	7,6	0,03	0,03	0,05	0,10	0,22	0,75	0,97	77,27	7,03
MP	5,37	4,14	6,2	0,05	0,08	0,10	0,10	0,32	0,87	1,19	73,11	7,53
MP	5,39	4,19	5,8	0,04	0,05	0,06	0,10	0,24	0,67	0,91	73,74	13,2
MP	5,30	4,23	7,2	0,03	0,05	0,10	0,10	0,28	0,64	0,92	69,63	7,68
MP	5,62	4,21	6,4	0,03	0,10	0,25	0,10	0,48	0,00	0,48	0,00	6,09
MP	5,43	4,22	7,5	0,03	0,05	0,16	0,10	0,34	0,74	1,08	68,58	4,47
MP	5,37	4,19	7,7	0,03	0,12	0,15	0,09	0,40	0,93	1,33	70,01	3,90
MP	5,54	4,24	7,1	0,03	0,06	0,16	0,10	0,36	0,00	0,36	0,00	7,15
MP	5,16	4,14	9,8	0,03	0,03	0,09	0,10	0,25	0,81	1,06	76,33	5,01
MP	5,27	4,15	8,1	0,03	0,04	0,08	0,10	0,24	0,98	1,22	80,26	3,60
MP	5,53	4,73	3,8	0,03	0,03	0,07	0,09	0,22	0,75	0,97	77,37	6,70
MP	5,16	4,17	8,8	0,04	0,03	0,09	0,10	0,26	0,00	0,26	0,00	5,05
MP	5,33	4,23	9,0	0,04	0,04	0,10	0,10	0,28	0,88	1,16	75,90	6,18
MPM	5,00	4,16	7,5	0,07	0,03	0,05	0,09	0,24	0,95	1,19	79,87	3,96
MPM	4,96	4,13	9,6	0,06	0,03	0,05	0,11	0,25	0,89	1,14	78,05	5,81
MPM	4,84	4,14	7,3	0,05	0,02	0,04	0,09	0,21	0,25	0,46	53,95	4,52
MPM	5,01	4,19	7,6	0,05	0,02	0,04	0,09	0,21	0,76	0,97	78,44	4,52
MPM	4,88	4,13	7,3	0,05	0,03	0,05	0,10	0,22	0,64	0,86	74,36	27,30
MPM	4,74	4,09	6,9	0,05	0,03	0,03	0,10	0,20	1,08	1,28	84,38	26,03
MPM	5,01	4,11	9,9	0,04	0,04	0,06	0,10	0,23	1,30	1,53	84,95	29,32
MPM	4,88	4,19	9,1	0,03	0,02	0,03	0,10	0,19	0,89	1,08	82,44	26,08
MPM	4,90	4,20	8,1	0,03	0,03	0,04	0,10	0,21	0,89	1,10	80,94	20,63
MPM	4,77	4,14	7,8	0,04	0,03	0,04	0,09	0,19	0,89	1,08	82,34	26,05
MPM	4,91	4,17	7,3	0,03	0,02	0,03	0,10	0,19	0,82	1,01	81,19	22,41
MPM	4,95	4,18	8,8	0,03	0,02	0,04	0,09	0,19	0,88	1,07	82,28	19,57
MPM	4,98	3,97	9,3	0,03	0,02	0,05	0,10	0,20	0,92	1,12	82,11	0,00
MPM	5,04	4,09	7,7	0,03	0,02	0,03	0,12	0,21	0,93	1,14	81,64	0,00

# Anexo II.1 – Continuação

	pH		C <sub>org</sub> g kg <sup>-1</sup>	Bases Extraíveis				SB	Al <sup>3+</sup>	CTCE	GSA (%)	P <sub>OL</sub> µg g <sup>-1</sup>
	H <sub>2</sub> O	KCl		Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>					
	-----cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> -----											
10 – 20 cm												
PI	4,90	4,07	6,5	0,02	0,01	0,02	0,10	0,16	1,82	1,98	91,92	0,00
PI	4,72	4,04	7,4	0,03	0,02	0,03	0,11	0,18	1,51	1,69	89,36	0,00
PI	4,83	4,04	8,2	0,03	0,01	0,03	0,12	0,18	1,38	1,56	88,45	0,00
PI	4,94	4,10	7,9	0,02	0,01	0,03	0,10	0,16	1,57	1,73	90,74	0,00
PI	4,82	4,04	8,2	0,02	0,02	0,03	0,09	0,16	1,55	1,71	90,65	0,00
PI	4,82	4,08	9,5	0,02	0,02	0,03	0,10	0,17	1,66	1,83	90,73	0,00
PI	4,75	4,06	7,4	0,02	0,02	0,03	0,10	0,17	1,59	1,76	90,34	0,00
PI	4,88	4,16	5,9	0,02	0,02	0,03	0,10	0,17	1,54	1,71	90,08	0,00
PI	4,74	4,07	8,2	0,02	0,02	0,04	0,09	0,18	1,51	1,69	89,37	0,00
PI	4,78	4,09	7,8	0,02	0,02	0,03	0,10	0,17	1,55	1,72	90,14	0,00
PI	4,95	4,17	8,1	0,02	0,02	0,03	0,09	0,16	1,37	1,53	89,54	0,00
PIM	4,65	3,99	8,5	0,02	0,02	0,03	0,09	0,16	1,51	1,67	90,40	0,00
PIM	4,59	3,97	9,4	0,02	0,02	0,03	0,07	0,14	1,33	1,47	90,49	0,00
PIM	4,59	3,98	9,3	0,02	0,02	0,02	0,09	0,16	1,38	1,54	89,58	0,00
PIM	4,52	3,92	12,8	0,03	0,02	0,03	0,08	0,16	1,35	1,51	89,40	0,00
PIM	4,51	3,95	9,3	0,02	0,02	0,03	0,09	0,15	1,4	1,55	90,34	0,27
PIM	4,56	4,00	9,4	0,02	0,02	0,03	0,10	0,16	1,29	1,45	88,95	0,19
PIM	4,54	4,00	10,8	0,03	0,02	0,03	0,10	0,18	1,37	1,55	88,36	0,00
PIM	4,55	4,00	11,4	0,02	0,02	0,03	0,09	0,17	1,38	1,55	89,03	0,00
PIM	4,63	3,87	9,2	0,02	0,03	0,03	0,09	0,18	1,36	1,54	88,30	0,00
PIM	4,62	3,96	14,8	0,03	0,03	0,04	0,10	0,19	1,37	1,56	87,80	0,00
PIM	4,84	4,07	4,9	0,03	0,03	0,05	0,10	0,21	1,34	1,55	86,49	0,00
EU	5,31	4,14	12,3	0,09	0,06	0,17	0,10	0,41	0,00	0,41	0,00	0,00
EU	5,40	4,13	12,1	0,04	0,07	0,21	0,08	0,39	0,61	1,00	61,00	0,00
EU	5,49	4,13	30,5	0,04	0,06	0,26	0,09	0,45	0,69	1,14	60,53	0,00
EU	5,64	4,14	18,5	0,04	0,12	0,15	0,08	0,39	0,00	0,39	0,00	0,00
EU	5,50	4,15	23,9	0,07	0,09	0,15	0,10	0,41	0,00	0,41	0,00	0,00
EU	5,74	4,20	26,4	0,03	0,04	0,14	0,09	0,30	0,00	0,30	0,00	0,00



## Anexo II.1 – Continuação

Código	pH		C <sub>org</sub>	Bases Extraíveis				SB	Al <sup>3+</sup>	CTCE	GSA	P <sub>OL</sub>
	H <sub>2</sub> O	KCl		Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>					
			g kg <sup>-1</sup>	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>							(%)	µg g <sup>-1</sup>
				10 – 20 cm								
EUM	6,06	4,65	26,0	1,17	0,80	0,18	0,08	2,23	0,00	2,23	0,00	0,00
EUM	5,46	4,21	26,3	0,45	0,33	0,13	0,09	1,00	0,00	1,00	0,00	2,46
EUM	5,26	4,14	25,8	0,06	0,10	0,14	0,10	0,40	0,64	1,04	61,54	0,31
EUM	5,36	4,20	36,9	0,05	0,06	0,16	0,08	0,35	0,66	1,01	65,35	0,00
EUM	5,11	4,21	27,5	0,04	0,07	0,09	0,08	0,29	0,69	0,98	70,41	0,00
EUM	5,18	4,18	19,6	0,03	0,04	0,12	0,08	0,27	0,60	0,87	68,93	0,00
GR	5,76	4,34	35,4	1,25	0,29	0,54	0,09	2,17	0,00	2,17	0,00	4,38
GR	5,90	4,53	30,9	2,06	0,38	0,34	0,09	2,87	0,00	2,87	0,00	2,66
GR	5,56	4,10	28,8	0,63	0,22	0,28	0,08	1,21	0,00	1,21	0,00	4,25
GR	5,40	4,07	27,1	0,25	0,13	0,19	0,09	0,66	0,31	0,97	32,24	6,28
GR	5,40	4,07	23,4	0,33	0,17	0,29	0,09	0,88	0,31	1,19	26,3	7,86
GR	5,75	4,33	40,2	1,41	0,52	0,35	0,07	2,35	0,00	2,35	0,00	3,94
GR	5,38	4,08	17,1	0,19	0,11	0,25	0,08	0,63	0,31	0,94	33,26	7,08
GR	5,24	4,11	33,2	0,28	0,12	0,08	0,11	0,59	0,31	0,90	34,73	3,41
GR	5,40	4,12	15,8	0,53	0,21	0,20	0,09	1,03	0,31	1,34	23,36	4,73
GRM	5,27	4,19	16,2	0,84	0,25	0,20	0,08	1,37	0,00	1,37	0,00	9,99
GRM	5,11	4,18	28,8	0,48	0,16	0,14	0,09	0,87	0,00	0,87	0,00	11,69
GRM	5,25	4,11	14,6	0,88	0,30	0,16	0,10	1,44	0,00	1,44	0,00	7,55
GRM	5,17	4,13	15,6	0,41	0,14	0,16	0,08	0,79	0,00	0,79	0,00	2,18
GRM	5,31	4,19	18,9	0,48	0,17	0,20	0,08	0,92	0,00	0,92	0,00	0,79
GRM	5,83	4,12	3,90	0,76	0,30	0,19	0,08	1,33	0,00	1,33	0,00	0,00
GRM	5,17	4,35	26,4	0,88	0,29	0,25	0,08	1,49	0,00	1,49	0,00	11,89
GRM	5,64	4,50	9,5	0,95	0,36	0,28	0,07	1,66	0,00	1,66	0,00	1,42
GRM	5,39	4,33	14,9	1,27	0,36	0,34	0,10	2,07	0,00	2,07	0,00	5,31

# Anexo II.1 – Continuação

Código	pH		C <sub>org</sub> g kg <sup>-1</sup>	Bases Extraíveis				SB	Al <sup>3+</sup>	CTCE	GSA (%)	P <sub>OL</sub> µg g <sup>-1</sup>
	H <sub>2</sub> O	KCl		Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>					
	-----cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> -----											
20- 30 cm												
MP	5,30	4,48	4,1	0,04	0,03	0,05	0,08	0,20	0,00	0,20	0,00	0,00
MP	5,41	4,65	3,7	0,05	0,05	0,04	0,09	0,22	0,00	0,22	0,00	0,00
MP	5,70	4,78	3,2	0,03	0,04	0,08	0,10	0,25	0,74	0,99	74,75	0,00
MP	5,67	4,68	5,2	0,03	0,05	0,05	0,08	0,21	0,82	1,03	79,53	0,00
MP	5,47	4,64	4,6	0,05	0,02	0,02	0,09	0,18	0,83	1,01	82,21	0,00
MP	6,10	4,84	3,6	0,03	0,06	0,21	0,08	0,38	0,81	1,19	68,12	0,00
MP	5,98	4,93	3,4	0,02	0,02	0,14	0,07	0,26	0,83	1,09	76,23	0,00
MP	5,89	4,80	4,0	0,02	0,02	0,14	0,08	0,27	0,00	0,27	0,00	0,00
MP	5,79	4,70	3,8	0,03	0,02	0,09	0,08	0,22	0,00	0,22	0,00	0,00
MP	5,45	4,72	3,7	0,02	0,04	0,04	0,08	0,18	0,00	0,18	0,00	0,00
MP	5,60	4,59	3,9	0,02	0,02	0,04	0,08	0,16	0,00	0,16	0,00	0,00
MP	5,65	4,66	4,0	0,02	0,02	0,06	0,07	0,18	0,00	0,18	0,00	0,00
MP	5,36	4,55	4,4	0,03	0,02	0,05	0,12	0,22	0,00	0,22	0,00	0,00
MP	5,54	4,51	5,5	0,03	0,02	0,05	0,11	0,21	0,00	0,21	0,00	0,00
MPM	5,41	4,56	4,1	0,04	0,02	0,02	0,09	0,17	0,20	0,37	53,55	0,00
MPM	5,38	4,52	5,2	0,05	0,02	0,03	0,09	0,19	0,46	0,65	70,77	0,00
MPM	5,27	4,68	4,4	0,04	0,02	0,02	0,09	0,16	0,39	0,55	70,80	0,00
MPM	5,53	4,75	3,5	0,07	0,06	0,03	0,08	0,23	0,96	1,19	80,67	0,00
MPM	5,59	4,80	3,5	0,02	0,04	0,06	0,11	0,23	0,19	0,42	44,98	0,00
MPM	5,16	4,40	5,4	0,03	0,02	0,02	0,10	0,17	0,27	0,44	61,19	0,00
MPM	5,08	4,47	4,5	0,03	0,02	0,03	0,10	0,17	0,23	0,40	57,71	0,00
MPM	5,52	4,78	4,1	0,06	0,03	0,02	0,09	0,20	0,21	0,41	51,22	0,00
MPM	5,21	4,47	3,9	0,06	0,03	0,03	0,11	0,22	0,20	0,42	48,11	0,00
MPM	5,17	4,51	5,4	0,03	0,02	0,04	0,09	0,17	0,20	0,37	54,55	0,00
MPM	5,42	4,51	4,6	0,02	0,02	0,02	0,08	0,13	0,19	0,32	59,63	0,00
MPM	5,28	4,55	4,0	0,03	0,01	0,02	0,10	0,17	0,00	0,17	0,00	0,00
MPM	5,23	4,66	4,8	0,02	0,01	0,01	0,09	0,14	0,00	0,14	0,00	0,00
MPM	5,43	4,74	5,5	0,03	0,01	0,02	0,11	0,17	0,00	0,17	0,00	0,00

# Anexo II.1 – Continuação

Código	pH		C <sub>org</sub> g kg <sup>-1</sup>	Bases Extraíveis				SB	Al <sup>3+</sup>	CTCE	GSA (%)	P <sub>OL</sub> µg g <sup>-1</sup>
	H <sub>2</sub> O	KCl		Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>					
				2 0 – 30 cm								
PI	5,23	4,60	4,6	0,02	0,01	0,02	0,08	0,14	0,18	0,32	56,79	0,00
PI	4,83	4,39	6,0	0,02	0,01	0,02	0,08	0,13	0,41	0,54	75,93	0,00
PI	4,92	4,45	6,4	0,02	0,01	0,02	0,09	0,14	0,27	0,41	66,02	0,00
PI	4,86	4,41	5,1	0,02	0,01	0,02	0,09	0,13	0,30	0,43	69,48	0,00
PI	5,00	4,54	6,9	0,02	0,01	0,04	0,09	0,17	0,23	0,40	57,29	0,00
PI	4,88	4,46	6,4	0,03	0,01	0,04	0,09	0,17	0,24	0,41	58,33	0,00
PI	4,83	4,59	4,7	0,02	0,01	0,02	0,10	0,16	0,18	0,34	53,49	0,00
PI	5,13	4,48	6,5	0,03	0,01	0,02	0,09	0,15	0,20	0,35	56,52	0,00
PI	4,74	4,40	5,4	0,02	0,01	0,02	0,07	0,12	0,19	0,31	60,91	0,00
PI	5,05	4,40	5,9	0,02	0,01	0,02	0,08	0,13	0,30	0,43	69,48	0,00
PI	5,09	4,51	4,8	0,02	0,01	0,02	0,08	0,14	0,23	0,37	62,16	0,00
PIM	5,03	4,56	5,1	0,03	0,01	0,01	0,08	0,14	0,23	0,37	62,37	0,00
PIM	5,06	4,30	5,7	0,02	0,01	0,01	0,08	0,12	0,61	0,73	83,61	0,00
PIM	4,63	4,34	6,2	0,02	0,01	0,02	0,08	0,12	0,40	0,52	76,92	0,00
PIM	4,52	4,26	6,1	0,02	0,01	0,02	0,08	0,13	0,53	0,66	80,3	0,00
PIM	4,74	4,30	5,1	0,02	0,01	0,02	0,09	0,15	0,49	0,64	76,71	0,00
PIM	4,57	4,37	5,6	0,02	0,01	0,01	0,09	0,14	0,45	0,59	76,19	0,00
PIM	4,27	4,32	5,7	0,02	0,01	0,02	0,08	0,13	0,39	0,52	75,00	0,00
PIM	4,91	4,28	3,1	0,02	0,02	0,02	0,08	0,13	0,51	0,64	79,75	0,00
PIM	4,66	4,35	3,5	0,01	0,01	0,01	0,06	0,10	0,44	0,54	81,48	0,00
PIM	5,01	4,38	3,8	0,02	0,01	0,02	0,07	0,12	0,36	0,48	75,00	0,00
PIM	5,14	4,38	4,0	0,02	0,02	0,02	0,08	0,13	0,33	0,46	71,49	0,00
EU	5,51	4,27	4,4	0,02	0,02	0,11	0,07	0,22	0,00	0,22	0,00	0,00
EU	5,25	4,32	4,5	0,02	0,03	0,10	0,07	0,22	0,00	0,22	0,00	0,95
EU	5,48	4,26	4,8	0,04	0,06	0,14	0,10	0,33	0,83	1,16	71,65	0,71
EU	5,64	4,18	5,3	0,02	0,04	0,09	0,07	0,23	0,84	1,07	78,58	1,00
EU	5,50	4,17	4,9	0,04	0,04	0,05	0,09	0,22	0,00	0,22	0,00	1,05
EU	5,74	4,28	1,9	0,04	0,03	0,11	0,08	0,25	0,00	0,25	0,00	1,02

# Anexo II.1 – Continuação

Código	pH		C <sub>org</sub>	Bases Extraíveis				SB	Al <sup>3+</sup>	CTCE	GSA	P <sub>OL</sub>
	H <sub>2</sub> O	KCl		Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>					
			g kg <sup>-1</sup>	cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>							(%)	µg g <sup>-1</sup>
				20 – 30 cm								
EUM	6,56	4,93	3,8	0,08	0,17	0,16	0,09	0,50	0,00	0,50	0,00	0,87
EUM	5,78	4,33	4,7	0,03	0,06	0,08	0,10	0,27	0,00	0,27	0,00	1,68
EUM	4,93	4,28	4,8	0,03	0,03	0,12	0,07	0,26	0,00	0,26	0,00	1,08
EUM	5,63	4,45	2,8	0,04	0,05	0,06	0,08	0,23	0,00	0,23	0,00	1,52
EUM	5,57	4,35	2,8	0,07	0,05	0,06	0,10	0,28	0,00	0,28	0,00	1,80
EUM	5,53	4,40	3,0	0,16	0,10	0,49	0,11	0,86	0,00	0,86	0,00	1,34
GR	5,92	4,56	4,5	0,16	0,07	0,28	0,08	0,59	0,00	0,59	0,00	1,63
GR	5,67	4,42	7,0	0,16	0,07	0,28	0,09	0,60	0,00	0,60	0,00	1,09
GR	5,37	4,47	3,4	0,32	0,12	0,12	0,08	0,64	0,00	0,64	0,00	0,65
GR	5,4	4,64	4,4	0,38	0,13	0,07	0,08	0,65	0,31	0,96	32,57	0,40
GR	5,62	4,57	3,1	0,66	0,22	0,14	0,07	1,08	0,24	1,32	18,31	0,77
GR	5,36	4,43	5,2	0,32	0,11	0,11	0,10	0,65	0,34	0,99	34,08	1,60
GR	4,94	4,16	3,5	0,11	0,07	0,06	0,10	0,33	0,54	0,87	61,89	1,00
GR	5,07	4,28	6,9	0,10	0,06	0,05	0,10	0,30	0,66	0,96	68,68	1,94
GR	5,17	4,20	7,9	0,11	0,04	0,10	0,09	0,34	0,99	1,33	74,36	1,62
GRM	5,50	4,45	6,0	0,74	0,32	0,13	0,09	1,28	0,00	1,28	0,00	4,01
GRM	5,33	4,39	4,3	0,53	0,24	0,07	0,10	0,95	0,00	0,95	0,00	2,86
GRM	5,52	4,54	6,3	0,75	0,26	0,11	0,11	1,23	0,00	1,23	0,00	2,56
GRM	5,66	4,98	4,8	0,95	0,20	0,07	0,09	1,31	0,00	1,31	0,00	1,11
GRM	5,9	5,27	3,2	1,25	0,34	0,10	0,11	1,80	0,35	2,15	16,20	0,44
GRM	5,71	5,45	1,3	0,56	0,17	0,18	0,09	0,98	0,48	1,46	32,88	0,87
GRM	5,40	4,53	5,1	0,50	0,25	0,14	0,08	0,97	0,00	0,97	0,00	0,00
GRM	5,99	5,36	2,4	0,98	0,22	0,22	0,10	1,52	0,00	1,52	0,00	0,58
GRM	6,22	5,26	5,0	1,62	0,33	0,20	0,11	2,26	0,00	2,26	0,00	1,07



## **ANEXO III**

**Ensaio em Vasos: Biomassa das Plantas de Milho e Características do Solo.**



**Anexo III.1** – Biomassa (g/vaso) das plantas de milho dos diferentes tratamentos dos ensaios em vasos sem e com ureia de cobertura 154 dias após a sementeira no ano agrícola de 2010/2011. Tratamentos: testemunha (TE), fertilizante (FE1 e FE2), resíduos orgânicos (RS), calcário dolomítico (DL), calcário dolomítico e fertilizante (DLFE), calcário dolomítico e resíduos orgânicos (DLRS) e calcário dolomítico, resíduos orgânicos e fertilizante (DLRSFE).

TE	FE1	FE2	RS	DL	DLFE	DLRS	DLRSFE
<b>Sem ureia</b>							
43,70	96,53	128,83	20,36	27,29	100,25	82,52	159,43
<b>Com ureia</b>							
	121,26	133,39	28,70	60,63	179,78	156,39	207,92



**Anexo III.2** – Biomassa (g/vaso) das plantas de milho dos diferentes tratamentos dos ensaios em vasos sem ureia e com ureia de cobertura 88 dias depois da sementeira ano agrícola de 2011/2012. Os tratamentos são os referidos no Anexo III.1.

TE	FE1	FE2	RS	DL	DLFE	DLRS	DLRSFE
<b>Sem ureia</b>							
16,37	27,37	14,43	7,47	21,67	20,87	15,27	8,87
18,27	28,17	17,67	17,67	18,07	27,37	7,07	7,27
18,97	19,77	26,97	9,37	12,87	24,27	4,97	17,47
19,57	21,47	25,67	13,07	5,97	22,07	25,97	19,37
14,57	17,17	15,67	15,67	11,37	21,17	17,77	20,07
<b>Com ureia</b>							
	20,67	25,07	27,47	19,77	24,47	29,17	17,22
	26,67	19,47	19,87	14,67	20,47	26,07	32,37
	26,47	23,67	22,27	11,37	21,87	16,07	22,87
	21,87	15,67	16,97	16,27	25,07	45,37	32,67
	7,47	12,87	15,17	24,25	24,97	27,67	28,07

**Anexo III.3-** Características químicas do solo dos diversos tratamentos do ensaio em vasos realizado em 2010/2011. Valores de pH (H<sub>2</sub>O e KCl), teores de C orgânico (C<sub>org</sub>) e azoto, valores da razão C/N, concentração e soma (SB) das bases de troca, teores de alumínio extraível (Al<sup>3+</sup>) e de fósforo e potássio (testes de Egnér-Riehm, P<sub>ER</sub> e K<sub>ER</sub>) extraíveis dos diferentes tratamentos. Os tratamentos são os indicados no Anexo III.1.

Trat	pH		C <sub>org</sub>	N	C/N	Bases extraíveis				SB	Al <sup>3+</sup>	Extraíveis	
	H <sub>2</sub> O	KCl				Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>			K <sub>ER</sub>	P <sub>ER</sub>
-----cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> -----													
Sem ureia													
TE	4,9	4,1	15,9	0,9	16,9	0,28	0,09	0,11	0,11	0,58	1,49	40,6	11,9
FE1	4,9	4,0	15,3	0,9	16,8	0,25	0,07	0,06	0,11	0,49	1,49	57,7	12,3
FE2	5,0	4,0	12,7	0,9	14,0	0,40	0,12	0,09	0,17	0,77	1,36	65,9	15,9
RS	5,1	4,1	18,4	1,0	18,6	0,43	0,19	0,05	0,13	0,81	1,81	46,3	10,8
DL	5,8	4,7	17,7	0,9	20,3	0,99	1,00	0,07	0,09	2,15	0,00	41,5	9,7
DLFE	5,7	4,6	15,9	1,0	16,6	1,02	0,92	0,07	0,09	2,09	0,00	39,0	12,5
DLRS	6,2	5,2	16,0	1,0	16,3	1,76	1,56	0,08	0,11	3,50	0,00	43,1	8,3
DLRSFE	5,5	4,6	13,9	0,9	15,3	0,95	0,81	0,08	0,11	1,95	0,00	50,4	15,6
Com ureia													
FE1	4,8	4,0	15,4	0,9	17,5	0,31	0,09	0,08	0,14	0,61	1,64	64,9	12,5
FE2	5,1	4,0	15,5	0,9	18,0	0,25	0,10	0,09	0,21	0,65	1,15	68,3	17,5
RS	5,1	4,1	16,2	1,0	17,1	0,37	0,14	0,11	0,11	0,72	1,39	55,4	9,8
DL	6,1	5,1	13,3	1,0	14,0	1,61	1,56	0,1	0,09	3,36	0,00	48,5	9,1
DLFE	5,7	4,8	15,0	0,9	16,1	1,21	1,06	0,08	0,10	2,46	0,00	47,1	12,9
DLRS	6,4	5,3	16,8	1,0	17,7	1,82	1,56	0,09	0,01	3,57	0,00	54,4	8,5
DLRSFE	5,9	4,8	14,5	0,9	16,3	1,24	1,05	0,08	0,10	2,47	0,00	53,2	14,2

**Anexo III.4** – Características químicas do solo dos diferentes tratamentos do ensaio em vasos sem e com ureia de cobertura realizado em 2011/2012. Valores de pH (H<sub>2</sub>O, KCl e CaCl<sub>2</sub>), teores de C orgânico (C<sub>org</sub>) e azoto, valores da razão C/N, concentração de bases de troca e a respectiva soma (SB), alumínio extraível (Al<sup>3+</sup>), capacidade de troca catiónica efectiva (CTCE), teores de fósforo (P<sub>ER</sub>) e potássio (K<sub>ER</sub>) extraíveis pelo método de Egnér-Riehm (P<sub>ER</sub>) e o fósforo de Olsen (P<sub>OL</sub>). Os tratamentos são os referenciados no Anexo III.1.

Trat	pH		C <sub>org</sub>	N	C/N	Bases extraíveis				SB	Al <sup>3+</sup>	CTCE	Extraíveis		
	H <sub>2</sub> O	KCl				Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>				P <sub>ER</sub>	P <sub>OL</sub>	K <sub>ER</sub>
			-----g kg <sup>-1</sup> -----		-----cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> -----						-----µg g <sup>-1</sup> -----				
Sem ureia															
TE	5,2	4,2	13,3	0,9	15,0	0,31	0,09	0,04	0,03	0,48	0,7	1,14	3,8	6,8	4,4
	5,1	4,1	13,8	0,9	15,5	0,26	0,07	0,05	0,04	0,42	0,7	1,13	3,8	6,3	3,4
	5,1	4,2	12,7	0,9	13,9	0,31	0,08	0,04	0,03	0,47	0,7	1,13	3,5	7,0	4,2
	5,2	4,2	13,7	0,9	15,4	0,3	0,07	0,06	0,04	0,48	0,7	1,16	3,3	7,4	5,7
	5,1	4,2	13	0,9	14,4	0,31	0,08	0,05	0,04	0,47	0,7	1,14	3,5	7,5	4,2
FE1	5,0	4,2	13,9	0,8	16,6	0,26	0,06	0,03	0,03	0,39	0,7	1,1	5,3	9,3	5,2
	5,0	4,2	11,9	0,9	12,8	0,22	0,06	0,03	0,03	0,34	0,7	1,04	4,9	8,2	4,4
	5,0	4,1	13,1	0,9	14,6	0,27	0,07	0,04	0,04	0,41	0,7	1,11	6,4	8,4	5,1
	4,9	4,1	14,0	0,8	16,7	0,23	0,07	0,04	0,07	0,42	0,7	1,14	5,8	8,7	7,9
	5,0	4,1	14,0	1,1	12,8	0,25	0,08	0,1	0,13	0,55	0,7	1,26	5,5	9,0	8,0
FE2	4,3	4,1	13,2	0,9	14,4	0,22	0,08	0,13	0,23	0,66	0,8	1,48	8,8	11,3	13,1
	4,1	4,1	13,8	0,9	15,7	0,24	0,08	0,08	0,13	0,52	0,7	1,25	6,6	10,4	7,0
	4,9	4,1	13,5	0,9	15,6	0,23	0,07	0,12	0,15	0,57	0,7	1,26	7,8	9,9	9,1
	4,9	4,1	12,6	0,9	13,5	0,24	0,08	0,15	0,16	0,62	0,7	1,34	8,5	11,4	9,5
	4,8	4,1	12,7	0,9	14,0	0,24	0,08	0,09	0,13	0,54	0,7	1,25	8,7	11,7	12,0

### Anexo III.4 – Continuação

Trat	pH		C <sub>org</sub>	N	C/N	Bases extraíveis				SB	Al <sup>3+</sup>	CTCE	Extraíveis		
	H <sub>2</sub> O	KCl				Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>				P <sub>ER</sub>	P <sub>OL</sub>	K <sub>ER</sub>
-----g kg <sup>-1</sup> -----			-----cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> -----						-----µg g <sup>-1</sup> -----						
Sem ureia															
DL	5,8	4,7	12,4	0,8	16,2	0,76	0,69	0,12	0,15	1,71	0,0	1,71	4,1	6,8	4,0
	5,6	4,5	12,1	0,7	17,5	0,58	0,44	0,07	0,09	1,18	0,0	1,18	4,3	0,0	5,1
	6,2	5,2	12,9	0,7	17,7	1,04	0,98	0,10	0,14	2,26	0,0	2,26	4,2	6,8	4,2
	5,9	4,8	12,4	0,7	17,3	0,8	0,82	0,05	0,06	1,74	0,0	1,74	2,7	7,0	3,2
	5,8	4,7	12,0	0,7	16,5	0,69	0,64	0,09	0,12	1,54	0,0	1,54	4,2	7,0	3,8
DLFE	6,0	5	15,0	0,9	17,6	0,96	0,86	0,11	0,14	2,07	0,0	2,07	11,8	10,8	17,6
	5,5	4,5	12,8	0,8	15,1	0,65	0,47	0,07	0,09	1,28	0,1	1,42	6,2	9,1	19,4
	5,5	4,5	13,3	0,8	17,4	0,58	0,44	0,03	0,03	1,07	0,2	1,30	5,3	8,5	17,8
	5,5	4,6	13,3	0,8	17,8	0,88	0,74	0,02	0,04	1,69	0,2	1,85	5,0	9,2	24,5
	5,8	4,9	12,9	0,8	15,6	0,83	0,62	0,03	0,04	1,52	0,0	1,52	6,1	8,8	20,9
DLRS	5,8	4,7	13,6	0,8	16,4	0,91	0,68	0,06	0,06	1,71	0,0	1,71	3,6	7,2	20,1
	5,8	4,6	12,7	0,8	16,3	0,75	0,59	0,07	0,05	1,46	0,0	1,46	2,9	7,5	19,2
	6,1	5,0	11,7	0,8	13,9	1,14	0,94	0,06	0,05	2,18	0,0	2,18	6,0	6,8	19,4
	6,0	4,8	12,0	0,9	13,5	1,09	0,81	0,05	0,05	2,00	0,0	2,00	3,7	6,6	20,5
	5,5	4,7	12,6	0,9	13,9	1,14	0,91	0,05	0,13	2,23	0,1	2,29	3,9	8,4	21,3
DLRSFE	6,1	4,9	13,5	0,9	15,4	1,22	1,00	0,03	0,04	2,29	0,0	2,29	6,7	9,0	18,2
	6,4	5,4	10,7	0,9	11,6	1,47	1,18	0,05	0,04	2,74	0,0	2,74	6,1	8,1	15,0
	5,8	4,8	12,0	0,9	13,9	1,03	0,73	0,05	0,06	1,86	0,0	1,86	9,1	8,3	24,4
	6,1	5,5	12,6	0,9	13,4	2,04	1,72	0,10	0,19	4,05	0,0	4,05	9,4	9,8	26,5
	5,8	4,9	13,5	0,9	14,9	1,25	0,94	0,04	0,06	2,28	0,0	2,28	8,3	9,7	25,9

### Anexo III.4- Continuação

Trat	pH		C <sub>org</sub>	N	C/N	Bases extraíveis				SB	Al <sup>3+</sup>	CTCE	Extraíveis		
	H <sub>2</sub> O	KCl				Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>				P <sub>ER</sub>	P <sub>OL</sub>	K <sub>ER</sub>
-----g kg <sup>-1</sup> -----			-----cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> -----							-----µg g <sup>-1</sup> -----					
Com ureia															
FE1	4,9	4,1	11,9	0,9	13,1	0,24	0,07	0,04	0,06	0,42	0,7	1,12	4,1	7,8	7,2
	4,6	4,1	12,5	0,9	14,1	0,22	0,06	0,15	0,18	0,62	0,7	1,36	4,1	7,0	4,0
	4,8	4,1	12,7	0,9	14,3	0,22	0,06	0,12	0,12	0,51	0,8	1,26	5,0	7,5	2,9
	4,2	4,1	12,7	1,0	13,3	0,21	0,07	0,10	0,11	0,48	0,8	1,27	3,9	7,9	4,5
	4,1	4,1	13,7	0,9	14,9	0,30	0,09	0,13	0,15	0,67	0,8	1,46	8,6	11,9	8,8
FE2	4,5	4,1	12,4	0,8	14,9	0,23	0,06	0,06	0,09	0,44	0,7	1,14	7,0	10,7	10,0
	4,3	4,0	13,8	0,9	14,6	0,22	0,06	0,15	0,15	0,59	0,7	1,32	8,5	11,4	6,9
	4,3	4,1	13,0	1,0	13,2	0,22	0,07	0,08	0,09	0,47	0,7	1,17	8,3	12,3	7,5
	4,1	4,1	12,6	0,8	15,3	0,34	0,12	0,10	0,10	0,65	0,7	1,35	15,2	18,1	9,6
	4,0	4,0	11,9	0,8	14,7	0,29	0,11	0,08	0,10	0,58	1,0	1,60	10,2	12,4	5,6
RS	4,9	4,2	13,3	0,9	14,1	0,31	0,12	0,14	0,15	0,71	0,7	1,36	3,8	6,5	10,1
	4,9	4,2	13,0	0,9	14,6	0,42	0,14	0,09	0,09	0,74	0,6	1,38	4,4	6,9	10,0
	5,1	4,2	13,2	0,9	14,4	0,37	0,13	0,15	0,17	0,83	0,6	1,43	3,6	6,5	11,9
	4,5	4,1	12,3	0,9	13,0	0,31	0,12	0,07	0,09	0,59	0,7	1,28	4,6	6,8	17,5
	4,6	4,1	13,1	0,8	15,6	0,35	0,14	0,16	0,20	0,85	0,6	1,50	4,6	7,2	13,6
DL	5,6	4,5	12,3	0,8	14,9	0,60	0,50	0,00	0,10	1,20	0,0	1,23	4,1	7,7	14,8
	4,9	4,5	12,2	0,9	14,2	0,90	0,90	0,20	0,20	2,10	0,2	2,32	4,4	5,7	29,0
	6,0	5,3	12,6	0,8	15,3	1,50	1,30	0,10	0,10	3,00	0,0	2,97	3,4	7,3	23,3
	6,0	4,8	13,1	0,9	14,9	0,90	0,70	0,10	0,10	1,70	0,0	1,73	3,9	7,0	14,5
	5,4	4,5	14,6	0,8	18,1	0,60	0,40	0,10	0,10	1,10	0,2	1,37	2,5	6,8	19,2

### Anexo III.4 – Continuação

Trat	pH		C <sub>org</sub>	N	C/N	Bases extraíveis				SB	Al <sup>3+</sup>	CTCE	Extraíveis		
	H <sub>2</sub> O	KCl				Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>				P <sub>ER</sub>	P <sub>OL</sub>	K <sub>ER</sub>
			-----g kg <sup>-1</sup> -----		-----cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> -----								-----µg g <sup>-1</sup> -----		
Com ureia															
DLFE	5,8	4,6	12,9	0,8	16,3	0,98	0,67	0,03	0,05	1,74	0,0	1,74	5,1	8,5	20,7
	5,6	4,5	12,5	0,9	14,0	0,79	0,45	0,07	0,05	1,35	0,0	1,35	7,8	7,8	24,3
	5,3	4,6	12,6	0,8	16,0	1,05	0,76	0,03	0,07	1,90	0,1	2,01	3,8	8,6	21,8
	5,7	4,7	11,9	0,8	14,1	0,96	0,65	0,06	0,04	1,71	0,0	1,71	6,5	8,5	19,7
	5,8	5,0	12,5	0,8	15,3	1,45	1,08	0,08	0,05	2,66	0,0	2,66	7,4	9,0	20,1
DLRS	6,6	5,6	11,6	0,9	13,1	1,89	1,41	0,07	0,06	3,44	0,0	3,44	3,3	5,4	24,0
	6,3	5,2	12,2	0,9	13,3	1,5	1,12	0,07	0,06	2,75	0,0	2,75	3,7	7,0	21,4
	6,4	5,4	11,3	0,9	12,0	1,56	1,21	0,05	0,06	2,88	0,0	2,88	3,6	5,5	22,7
	5,5	4,5	14,1	0,9	15,7	0,84	0,55	0,06	0,06	1,51	0,2	1,68	3,7	6,5	19,7
	5,9	5,0	13,1	0,9	14,5	1,22	0,82	0,04	0,06	2,13	0,0	2,13	3,7	6,5	18,4
DLRSFE	5,8	4,7	11,8	0,8	14,4	1,04	0,65	0,03	0,05	1,78	0,0	1,78	5,9	7,9	21,2
	6,3	5,2	13,3	0,9	14,4	1,58	1,24	0,08	0,05	2,95	0,0	2,95	6,1	8,8	20,1
	6,1	4,9	12,3	0,8	15,5	1,17	0,85	0,06	0,05	2,14	0,0	2,14	4,7	9,2	20,1
	5,8	4,8	12,9	0,9	14,4	1,16	0,80	0,04	0,05	2,05	0,0	2,05	6,2	8,7	24,7
	5,3	4,6	13,5	0,9	14,3	1,27	0,89	0,07	0,07	2,30	0,1	2,00	6,2	9,7	26,4



## **ANEXO IV**

### **Ensaio de Campo: Biomassa da Cultura de Milho e Características do Solo.**





**Anexo IV.1-** Biomassa ( $\text{g m}^{-2}$ ) das plantas de milho dos diferentes tratamentos do ensaio de campo, 149 dias após a sementeira no ano agrícola de 2010/2011. Tratamentos: testemunha (TE), fertilizante (FE), resíduos orgânicos (RS), calcário dolomítico (DL), calcário dolomítico e fertilizante (DLFE), calcário dolomítico e resíduos orgânicos (DLRS) e calcário dolomítico, resíduos orgânicos e fertilizante (DLRSFE).

TE	FE	RS	DL	DLFE	DLRS	DLRSFE
42,00	88,00	115,77	187,55	207,00	288,55	313,85

**Anexo IV.2 – Biomassa ( $\text{g m}^{-2}$ ) das plantas de milho dos diversos tratamentos do ensaio de campo, 109 dias após a sementeira no ano agrícola de 2011/2012. Tratamentos: testemunha (TE), fertilizante (FE), resíduos orgânicos (RS), calcário dolomítico (DL), calcário dolomítico e fertilizante (DLFE), calcário dolomítico e resíduos orgânicos (DLRS), resíduos de soja (SJ) e calcário dolomítico, resíduos orgânicos e fertilizante (DLRSFE).**

<b>TE</b>	<b>FE</b>	<b>RS</b>	<b>DL</b>	<b>DLFE</b>	<b>DLRS</b>	<b>SJ</b>	<b>DLRSFE</b>
37,8	83,0	187,9	200,2	215,9	273,4	226,4	243,9
37,8	55,0	156,4	11,04	277,9	120,9	258,9	305,2
3,04	122,2	187,9	131,2	308,9	59,9	291,4	274,6
33,6	111,0	112,3	229,0	308,9	181,9	96,4	305,2

**Anexo IV.3** – Características químicas do solo dos diversos tratamentos do ensaio de campo realizados em 2010/2011. Valores de pH (H<sub>2</sub>O, KCl e CaCl<sub>2</sub>), teores de C orgânico (C<sub>org</sub>) e azoto, valores da razão C/N, concentração de bases de troca e a respectiva soma de bases (SB), teores de alumínio (Al<sup>3+</sup>) e de fósforo (teste de Egnér-Riehm, (P<sub>ER</sub>), e de Olsen (P<sub>OL</sub>) e potássio (teste de Egnér-Riehm K<sub>ER</sub>) extraíveis das camadas minerais do solo até a profundidade de 20 cm. Tratamentos são os referidos no Anexo IV.1.

Trat	pH			C <sub>org</sub>	N	C/N	Bases extraíveis				SB	Al <sup>3+</sup>	Extraíveis		
	H <sub>2</sub> O	KCl	CaCl <sub>2</sub>				Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>			P <sub>ER</sub>	P <sub>OL</sub>	K <sub>ER</sub>
	-----g kg <sup>-1</sup> -----						-----cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> -----						-----µg g <sup>-1</sup> -----		
0- 10 cm															
TE	4,98	4,04	4,05	27,59	0,88	31,35	0,03	0,09	0,03	0,18	0,32	1,13	4,22	7,46	31,09
	5,08	4,04	4,06	17,71	0,37	47,86	0,22	0,09	0,02	0,18	0,51	1,18	13,61	9,33	47,63
	4,97	4,05	4,04	14,45	0,79	18,29	0,12	0,07	0,02	0,16	0,37	1,23	4,57	6,23	25,45
	5,00	4,04	4,07	22,93	0,85	26,97	0,26	0,10	0,04	0,17	0,57	0	7,56	9,42	37,09
FE	4,76	3,98	3,98	15,09	0,23	65,61	0,21	0,07	0,02	0,19	0,49	1,34	30,52	22,97	51,15
	4,81	4,03	4,03	16,39	1,29	12,71	0,17	0,08	0,02	0,18	0,44	1,28	13,12	12,92	43,33
	5,04	4,06	4,37	14,77	1,38	10,70	0,09	0,06	0,84	0,43	1,43	0,00	29,61	27,64	47,90
	4,47	4,01	4,03	15,58	1,15	13,55	0,25	0,10	0,03	0,21	0,59	0,00	22,74	20,23	147,9
RS	5,16	4,1	4,17	18,17	1,04	17,47	0,41	0,16	0,02	0,23	0,82	1,03	5,78	8,37	53,31
	5,31	4,12	4,20	18,38	0,94	19,55	0,38	0,17	0,03	0,22	0,80	1,09	6,33	8,29	48,46
	5,05	4,08	4,08	15,63	1,11	14,08	0,22	0,12	0,02	0,18	0,55	1,14	5,07	6,36	42,48
	5,07	4,06	4,07	18,83	0,65	28,97	0,24	0,14	0,02	0,20	0,60	0,00	6,46	8,43	45,57
DL	5,98	4,92	5,14	17,25	1,00	17,25	1,29	2,31	0,02	0,17	3,79	0,00	5,30	6,50	43,72
	6,10	5,02	5,24	14,08	1,01	13,94	1,18	1,22	0,02	0,17	2,60	0,00	4,53	5,39	28,23
	6,16	5,78	5,33	15,92	0,63	25,27	1,26	1,27	0,03	0,18	2,74	0,00	3,79	5,16	35,08
	6,35	5,39	5,55	13,73	1,01	13,59	1,42	1,54	0,03	0,17	3,16	0,00	3,11	3,15	37,88
DLFE	5,78	4,75	4,97	16,45	0,22	74,77	1,16	1,31	0,02	0,18	2,66	0,00	8,48	7,82	38,36
	6,39	5,50	5,61	13,2	1,15	11,48	1,47	1,49	0,02	0,18	3,17	0,00	7,84	7,72	41,87
	6,53	5,59	5,75	14,67	1,04	14,11	1,57	1,64	0,02	0,19	3,42	0,00	8,21	7,16	47,58
	6,05	4,96	5,16	16,17	0,91	17,76	1,23	1,27	0,05	0,14	2,69	0,00	7,63	6,32	42,84

# Anexo IV. 3 – Continuação

Trat	pH			C <sub>org</sub>	N	C/N	Bases extraíveis				SB	Al <sup>3+</sup>	Extraíveis		
	H <sub>2</sub> O	KCl	CaCl <sub>2</sub>				Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>			P <sub>ER</sub>	P <sub>OL</sub>	K <sub>ER</sub>
				-----g kg <sup>-1</sup> ----											
						-----cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> -----									
						-----µg g <sup>-1</sup> -----									
0- 10 cm															
DLRS	6,6	5,64	5,78	16,00	0,31	51,61	1,85	2,18	0,02	0,19	4,25	0,00	4,00	5,31	55,36
	6,33	5,40	5,53	18,93	0,86	22,01	1,55	1,63	0,02	0,18	3,38	0,00	4,06	5,69	32,72
	6,30	5,29	5,48	17,73	0,73	24,29	1,55	1,63	0,03	0,19	3,41	0,00	5,94	4,88	40,40
	6,48	5,53	5,70	16,09	1,08	14,90	1,72	1,62	0,02	0,21	3,56	0,00	4,00	6,31	50,73
DLRSFE	6,45	5,5	5,68	20,19	1,02	19,79	2,33	2,20	0,03	0,21	4,77	0,00	56,73	24,98	50,63
	6,47	5,46	5,65	19,66	0,90	21,84	2,00	2,12	0,02	0,20	4,34	0,00	20,34	12,92	51,38
	6,16	5,24	5,40	18,32	0,30	61,07	1,41	1,41	0,02	0,20	3,04	0,00	9,16	9,30	59,14
	6,35	5,49	5,64	17,96	0,73	24,60	1,80	1,81	0,03	0,19	3,83	0,00	12,97	9,87	46,08

**Anexo IV. 3 – Continuação**

Trat	pH			C <sub>org</sub>	N	C/N	Bases extraíveis				SB	Al <sup>3+</sup>	Extraíveis		
	H <sub>2</sub> O	KCl	CaCl <sub>2</sub>				Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>			P <sub>ER</sub>	P <sub>OL</sub>	K <sub>ER</sub>
10 - 20 cm															
TE	4,87	4,15	4,00	10,44	1,07	9,76	0,13	0,07	0,05	0,14	0,38	1,43	3,10	4,83	26,35
	4,79	4,14	3,98	13,26	0,35	37,89	0,11	0,06	0,02	0,12	0,30	1,60	5,08	6,45	30,77
	4,86	4,25	4,06	7,12	0,63	11,30	0,08	0,05	0,02	0,10	0,24	1,01	3,20	4,61	27,89
	4,90	4,19	4,02	12,49	0,66	18,92	0,08	0,06	0,02	0,12	0,28	1,31	1,37	3,8	28,59
FE	4,52	4,12	3,93	13,50	0,42	32,14	0,11	0,06	0,02	0,12	0,31	1,62	6,70	8,82	27,41
	4,58	4,18	4,02	10,95	1,29	8,49	0,07	0,06	0,03	0,11	0,27	1,26	3,95	3,7	24,94
	4,78	4,23	4,08	10,63	0,69	15,41	0,07	0,05	0,02	0,11	0,26	1,12	2,84	3,3	25,41
	4,75	4,21	4,02	9,57	1,33	7,20	0,09	0,06	0,03	0,14	0,32	0,75	3,48	5,59	29,77
RS	4,92	4,19	4,05	14,09	1,02	13,81	0,24	0,1	0,04	0,16	0,55	1,24	4,18	6,27	29,41
	5,01	4,18	4,02	14,80	0,77	19,22	0,12	0,07	0,03	0,13	0,36	1,15	3,14	4,82	33,77
	4,85	4,24	4,03	11,79	1,02	11,56	0,08	0,06	0,03	0,11	0,28	1,23	2,77	3,56	30,47
	4,93	4,19	4,02	11,37	0,76	14,96	0,06	0,06	0,02	0,13	0,27	1,40	4,55	3,38	41,95
DL	4,98	4,27	4,18	1,50	0,90	1,66	0,24	0,25	0,03	0,11	0,62	1,15	3,61	4,72	24,85
	4,06	4,34	4,18	0,97	1,01	0,96	0,18	0,19	0,02	0,1	0,5	0,93	2,08	3,82	27,6
	5,38	4,55	4,54	0,99	0,77	1,29	0,36	0,36	0,02	0,11	0,85	0,45	2,65	3,37	32,05
	5,14	4,42	4,28	1,02	1,53	0,66	0,25	0,30	0,02	0,11	0,67	0,89	0,75	2,93	21,59
DLFE	5,00	4,30	4,21	12,84	0,25	51,36	0,32	0,36	0,04	0,11	0,83	1,11	5,09	5,56	33,15
	5,08	4,45	4,33	10,27	1,08	9,51	0,35	0,40	0,02	0,11	0,89	0,75	2,55	5,75	28,95
	5,12	4,45	4,29	10,51	1,01	10,41	0,29	0,34	0,02	0,10	0,76	1,06	3,08	4,19	24,51
	4,97	4,29	4,17	10,61	1,02	10,40	0,17	0,21	0,03	0,11	0,52	1,08	1,90	2,85	26,45

# Anexo IV. 3 – Continuação

Trat	pH			C <sub>org</sub>	N	C/N	Bases extraíveis				SB	Al <sup>3+</sup>	Extraíveis		
	H <sub>2</sub> O	KCl	CaCl <sub>2</sub>				Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>			P <sub>ER</sub>	P <sub>OL</sub>	K <sub>ER</sub>
10 - 20 cm															
DLRS	5,65	4,83	4,82	13,11	0,27	48,57	0,74	0,82	0,02	0,11	1,7	0,58	3,39	4,32	31,49
	5,18	4,44	4,37	12,24	0,94	13,02	0,43	0,41	0,02	0,12	0,99	0,8	4,03	6,44	35,74
	5,69	4,55	4,43	11,78	0,79	14,91	0,23	0,24	0,98	0,6	2,05	0,00	5,18	14,59	2430
	5,45	4,71	4,56	12,32	0,72	17,11	0,43	0,48	0,02	0,12	1,04	0,47	2,61	3,23	27,97
DLRSFE	5,18	4,48	4,41	14,75	1,08	13,66	0,52	0,45	0,03	0,12	1,12	0,74	6,32	6,63	33,41
	4,96	4,26	4,13	14,46	0,93	15,55	0,20	0,22	0,02	0,12	0,56	1,20	3,08	4,46	26,72
	5,05	4,3	4,22	14,65	0,3	48,83	0,35	0,27	0,07	0,13	0,83	0,9	4,29	5,53	28,72
	5,02	4,33	4,23	12,76	0,71	17,97	0,29	0,29	0,03	0,12	0,73	0,98	5,00	6,11	24,98

**Anexo IV. 4–** Características químicas do solo dos diferentes tratamentos do ensaio de campo realizado em 2011/2012. Valores de pH (H<sub>2</sub>O, KCl e CaCl<sub>2</sub>), teores de C orgânico (C<sub>org</sub>) e azoto, valores da razão C/N, concentração de bases de troca e a respectiva soma de bases (SB), teores de (Al<sup>3+</sup>) extraível, capacidade de troca catiónica efectiva (CTCE) e de fósforo (, (P<sub>ER</sub>) e de Olsen, (P<sub>OL</sub>) e potássio (teste de Egnér-Riehm (K<sub>ER</sub>) extraíveis das camadas minerais do solo até a profundidade de 50 cm. Tratamentos são os referidos ano Anexo IV.2

Trat	Prof cm	pH			C <sub>org</sub>	N	C/N	Bases extraíveis				SB	Al <sup>3+</sup>	CTCE	Extraíveis		
		H <sub>2</sub> O	KCl	CaCl <sub>2</sub>				Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>				P <sub>ER</sub>	P <sub>OL</sub>	K <sub>ER</sub>
		--g kg <sup>-1</sup> --							-----cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> -----						-----µg g <sup>-1</sup> -----		
TE	0 - 10	4,2	4,1	4,0	12,8	0,8	15,5	0,21	0,07	0,03	0,05	0,35	0,6	0,9	4,3	5,8	39,8
	10 - 20	4,7	4,1	4,1	12,4	0,8	16,2	0,18	0,05	0,02	0,03	0,29	0,5	0,8	3,9	5,5	38,4
	20 - 30	4,6	4,1	4,1	11,4	0,6	18,2	0,13	0,04	0,02	0,03	0,22	0,4	0,6	1,5	2,5	32,8
	30 - 40	4,6	4,2	4,2	10,6	0,5	20,5	0,12	0,04	0,04	0,03	0,22	0,3	0,5	0,1	2,0	31,1
	40 -50	4,6	4,3	4,3	6,2	0,5	13,1	0,13	0,04	0,03	0,02	0,22	0,2	0,4	0,3	1,6	20,7
TE	0 - 10	4,7	4,1	4,1	13,0	0,8	16,3	0,20	0,06	0,04	0,06	0,37	0,4	0,8	5,4	6,2	58,4
	10 - 20	4,7	4,1	4,1	13,0	0,8	16,2	0,17	0,05	0,02	0,04	0,29	0,4	0,7	3,3	5,7	51,1
	20 - 30	4,7	4,1	4,1	11,3	0,7	16,7	0,12	0,04	0,02	0,03	0,21	0,4	0,6	1,4	2,8	42,5
	30 - 40	4,7	4,2	4,1	9,2	0,6	16,1	0,10	0,03	0,03	0,03	0,19	0,3	0,5	0,2	2,3	25,4
	40 -50	4,5	4,2	4,2	7,5	0,3	24,7	0,10	0,03	0,07	0,02	0,22	0,3	0,5	0,0	1,7	23,1
TE	0 - 10	4,5	4,1	4,1	11,7	0,7	16,4	0,17	0,06	0,02	0,05	0,30	0,4	0,7	5,0	6,6	36,9
	10 - 20	4,4	4,1	4,1	12,5	0,7	18,7	0,12	0,04	0,09	0,03	0,28	0,4	0,7	4,9	5,2	29,3
	20 - 30	4,5	4,1	4,1	9,3	0,6	16,0	0,11	0,04	0,02	0,03	0,19	0,4	0,6	0,3	2,4	20,2
	30 - 40	4,5	4,2	4,2	7,8	0,5	15,1	0,09	0,03	0,02	0,03	0,17	0,4	0,5	0,0	1,7	18,6
	40 -50	4,4	4,3	4,3	6,5	0,4	17,7	0,10	0,03	0,02	0,02	0,17	0,2	0,4	0,0	1,4	13,2
TE	0 - 10	4,9	4,3	4,3	11,3	0,5	21,6	0,15	0,06	0,02	0,03	0,27	0,2	0,5	1,2	3,4	29,2
	10 - 20	4,7	4,2	4,1	11,0	0,6	18,4	0,12	0,04	0,02	0,03	0,21	0,3	0,6	1,0	3,6	27,5
	20 - 30	4,5	4,1	4,1	10,0	0,5	19,3	0,11	0,03	0,08	0,03	0,25	0,4	0,7	0,5	3,0	17,6
	30 - 40	4,5	4,1	4,1	8,7	0,5	17,7	0,11	0,03	0,06	0,03	0,24	0,4	0,6	0,0	1,8	17,1
	40 -50	4,6	4,2	4,2	7,4	0,3	25,9	0,09	0,03	0,11	0,02	0,26	0,3	0,6	0,0	1,7	14,0



#### Anexo IV. 4– Continuação

Trat	Prof	pH			C <sub>org</sub>	N	C/N	Bases extraíveis				SB	Al <sup>3+</sup>	CTCE	Extraíveis		
		H <sub>2</sub> O	KCl	CaCl <sub>2</sub>				Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>				P <sub>ER</sub>	P <sub>OL</sub>	K <sub>ER</sub>
	cm				---g kg <sup>-1</sup> ---			-----cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> -----							-----µg g <sup>-1</sup> -----		
FE	0 - 10	4,8	4,1	4,2	13,5	0,9	15,3	0,22	0,07	0,02	0,08	0,38	0,3	0,7	11,2	12,9	53,3
	10 - 20	4,4	4,1	4,1	12,3	0,8	15,3	0,18	0,05	0,03	0,04	0,30	0,4	0,7	4,8	6,4	28,8
	20 - 30	4,5	4,2	4,1	9,7	0,6	16,8	0,13	0,04	0,02	0,04	0,22	0,4	0,6	2,4	3,5	28,0
	30 - 40	4,5	4,2	4,2	7,8	0,5	16,0	0,10	0,03	0,03	0,03	0,19	0,3	0,5	0,2	1,4	23,0
	40 - 50	4,4	4,2	4,2	6,5	0,4	15,5	0,09	0,03	0,02	0,03	0,16	0,4	0,6	0,0	1,5	11,6
FE	0 - 10	4,3	4,0	4,0	12,7	0,7	18,0	0,19	0,06	0,02	0,05	0,33	0,6	1,0	5,8	9,6	52,8
	10 - 20	4,3	4,1	4,0	12,0	0,7	16,6	0,16	0,05	0,02	0,04	0,27	0,6	0,9	3,5	4,7	34,7
	20 - 30	4,5	4,1	4,1	10,1	0,6	17,6	0,11	0,04	0,02	0,04	0,21	0,6	0,8	1,1	3,5	23,6
	30 - 40	4,5	4,2	4,1	9,1	0,5	17,0	0,09	0,03	0,02	0,03	0,18	0,5	0,7	0,5	2,1	20,3
	40 - 50	4,5	4,2	4,2	8,3	0,5	17,3	0,10	0,03	0,02	0,03	0,18	0,5	0,7	0,1	2,0	15,5
FE	0 - 10	4,5	4,0	4,0	16,6	1,0	17,1	0,27	0,08	0,04	0,08	0,48	0,6	1,1	17,7	17,6	63,8
	10 - 20	4,8	4,0	4,1	15,7	1,0	15,0	0,30	0,08	0,04	0,07	0,48	0,7	1,2	9,3	11,0	56,1
	20 - 30	5,0	4,0	4,1	15,3	0,9	17,0	0,20	0,07	0,03	0,06	0,36	0,7	1,0	5,3	8,2	50,2
	30 - 40	5,0	4,1	4,1	11,9	0,7	18,3	0,14	0,05	0,07	0,05	0,31	0,6	0,9	2,5	5,3	33,2
	40 - 50	4,8	4,1	4,1	11,2	0,5	21,2	0,11	0,04	0,03	0,04	0,23	0,5	0,7	0,5	2,9	27,8
FE	0 - 10	4,4	4,0	4,0	11,1	0,8	14,6	0,15	0,05	0,07	0,06	0,33	0,6	0,9	2,4	8,1	50,0
	10 - 20	4,5	4,1	4,0	10,9	0,6	17,1	0,13	0,04	0,02	0,05	0,24	0,6	0,8	1,0	4,8	33,3
	20 - 30	4,5	4,1	4,1	10,4	0,6	17,0	0,11	0,03	0,02	0,04	0,20	0,6	0,8	0,8	3,2	31,1
	30 - 40	4,6	4,1	4,1	8,3	0,5	15,9	0,10	0,03	0,03	0,03	0,19	0,5	0,6	0,5	3,1	28,6
	40 - 50	4,4	4,1	4,1	7,8	0,4	18,7	0,11	0,03	0,02	0,02	0,18	0,4	0,6	0,0	1,8	10,8

**Anexo IV. 4 – Continuação**

Trat	Prof	pH			C <sub>org</sub>	N	C/N	Bases extraíveis				SB	Al <sup>3+</sup>	CTCE	Extraíveis		
		H <sub>2</sub> O	KCl	CaCl <sub>2</sub>				Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>				P <sub>ER</sub>	P <sub>OL</sub>	K <sub>ER</sub>
		cm	---g kg <sup>-1</sup> ---					-----cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> -----							-----µg g <sup>-1</sup> -----		
RS	0 - 10	5,0	4,1	4,2	15,7	0,9	17,7	0,24	0,10	0,04	0,10	0,48	0,5	1,0	6,1	7,3	63,7
	10 - 20	4,7	4,1	4,2	14,1	0,9	16,5	0,15	0,05	0,03	0,05	0,28	0,7	0,9	4,6	5,8	41,6
	20 - 30	4,5	4,1	4,1	9,9	0,6	15,2	0,11	0,04	0,03	0,04	0,22	0,5	0,8	0,3	2,0	16,9
	30 - 40	4,8	4,2	4,1	8,5	0,5	16,9	0,08	0,03	0,14	0,03	0,29	0,5	0,7	0,0	1,7	14,2
	40 -50	4,6	4,2	4,2	7,2	0,5	14,1	0,08	0,03	0,02	0,02	0,15	0,4	0,5	0,1	1,4	12,5
RS	0 - 10	4,4	4,1	4,2	14,9	0,9	16,6	0,29	0,12	0,01	0,07	0,49	0,5	1,0	5,5	5,6	29,3
	10 - 20	4,8	4,1	4,1	13,3	0,8	16,6	0,23	0,08	0,02	0,07	0,39	0,6	0,9	4,8	6,7	26,8
	20 - 30	4,8	4,1	4,1	12,2	0,7	16,3	0,15	0,06	0,01	0,05	0,27	0,5	0,8	3,2	4,4	23,7
	30 - 40	4,7	4,2	4,1	10,4	0,7	15,7	0,09	0,04	0,01	0,03	0,17	0,5	0,7	1,3	2,3	15,2
	40 -50	4,5	4,2	4,1	7,7	0,5	14,6	0,09	0,03	0,02	0,02	0,17	0,4	0,6	0,0	1,3	11,7
RS	0 - 10	5,0	4,1	4,2	14,7	0,9	16,3	0,37	0,14	0,02	0,09	0,62	0,5	1,1	7,0	8,2	50,6
	10 - 20	4,8	4,1	4,2	14,3	0,9	16,3	0,28	0,07	0,02	0,06	0,43	0,5	0,9	6,2	6,7	40,7
	20 - 30	4,9	4,2	4,2	11,4	0,8	14,3	0,14	0,05	0,02	0,04	0,24	0,5	0,7	3,0	3,6	26,6
	30 - 40	4,8	4,2	4,1	10,0	0,6	16,7	0,11	0,04	0,03	0,04	0,22	0,4	0,7	1,3	2,4	24,9
	40 -50	4,7	4,2	4,2	7,9	0,5	15,9	0,08	0,03	0,02	0,06	0,19	0,4	0,6	0,5	1,6	20,8
RS	0 - 10	4,9	4,2	4,2	12,1	0,8	15,2	0,22	0,12	0,01	0,09	0,44	0,4	0,8	3,6	4,5	45,3
	10 - 20	4,3	4,1	4,2	10,8	0,8	14,3	0,11	0,05	0,02	0,05	0,22	0,5	0,8	2,9	0,0	34,1
	20 - 30	4,4	4,1	4,1	8,7	0,6	14,0	0,10	0,04	0,01	0,04	0,19	0,5	0,7	2,0	2,5	26,1
	30 - 40	4,4	4,2	4,1	8,0	0,5	15,0	0,08	0,03	0,01	0,03	0,15	0,5	0,7	0,1	1,4	20,5
	40 -50	4,6	4,2	4,1	7,7	0,5	15,7	0,08	0,04	0,02	0,02	0,15	0,4	0,6	0,8	1,8	18,4

Trat	Prof  cm	pH			C <sub>org</sub>	N	C/N	Bases extraíveis				SB	Al <sup>3+</sup>	CTCE	Extraíveis		
		H <sub>2</sub> O	KCl	CaCl <sub>2</sub>				Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>				P <sub>ER</sub>	P <sub>OL</sub>	K <sub>ER</sub>
		-----g kg <sup>-1</sup> ----			-----cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> -----				-----μg g <sup>-1</sup> -----								
DL	0 - 10	6,3	5,3	5,6	14,4	1,0	14,4	1,55	1,29	0,01	0,04	2,90	0,0	2,9	4,8	4,4	26,9
	10 - 20	4,8	4,2	4,2	11,9	0,9	13,7	0,28	0,20	0,01	0,03	0,53	0,4	1,0	5,7	6,5	25,6
	20 - 30	4,7	4,2	4,2	11,4	0,8	14,6	0,16	0,09	0,05	0,04	0,34	0,5	0,8	3,6	4,5	23,7
	30 - 40	4,8	4,2	4,2	9,9	0,7	14,2	0,12	0,07	0,01	0,03	0,23	0,4	0,6	1,5	2,4	22,2
	40 -50	4,6	4,3	4,2	7,4	0,6	12,4	0,11	0,06	0,01	0,03	0,20	0,4	0,6	0,0	1,8	21,1
DL	0 - 10	6,2	5,3	5,6	10,8	0,9	12,0	1,33	1,14	0,01	0,03	2,52	0,0	2,5	4,1	4,7	24,9
	10 - 20	4,7	4,2	4,2	10,1	0,9	11,2	0,25	0,21	0,02	0,03	0,51	0,4	0,9	4,2	4,9	22,8
	20 - 30	4,4	4,2	4,2	8,9	0,8	11,2	0,13	0,10	0,04	0,04	0,31	0,4	0,7	1,8	2,1	20,5
	30 - 40	4,6	4,2	4,2	8,0	0,7	11,5	0,11	0,08	0,02	0,03	0,23	0,4	0,6	1,7	1,0	20,4
	40 -50	4,6	4,3	4,2	7,0	0,6	11,6	0,08	0,05	0,01	0,02	0,16	0,3	0,5	0,5	0,8	15,5
DL	0 - 10	6,2	5,2	5,4	14,3	0,9	16,3	1,55	1,21	0,01	0,06	2,82	0,0	2,8	8,3	9,0	35,0
	10 - 20	5,1	4,3	4,3	10,5	0,9	12,2	0,43	0,30	0,02	0,05	0,78	0,3	1,1	6,2	8,2	31,3
	20 - 30	4,8	4,2	4,2	10,5	0,8	13,2	0,17	0,11	0,03	0,04	0,35	0,4	0,8	3,5	5,0	27,8
	30 - 40	4,7	4,2	4,2	8,9	0,5	16,6	0,13	0,09	0,02	0,03	0,27	0,4	0,6	3,6	2,6	26,0
	40 -50	4,8	0,3	4,3	6,3	0,4	14,9	0,08	0,05	0,01	0,02	0,18	0,3	0,5	1,2	1,2	24,4
DL	0 - 10	5,6	5,0	5,0	10,2	0,7	14,4	0,96	0,83	0,01	0,03	1,84	0,0	1,8	3,0	3,9	28,9
	10 - 20	4,7	4,2	4,2	9,6	0,7	13,5	0,30	0,30	0,01	0,03	0,64	0,4	1,0	2,8	3,0	23,4
	20 - 30	4,8	4,3	4,3	7,3	0,7	11,1	0,22	0,21	0,01	0,03	0,47	0,3	0,8	0,8	2,7	20,2
	30 - 40	4,7	4,0	4,2	7,6	0,4	17,1	0,14	0,12	0,01	0,02	0,29	0,3	0,6	0,7	2,2	18,0
	40 -50	4,7	4,1	4,3	4,9	0,9	5,3	0,11	0,10	0,01	0,02	0,23	0,3	0,5	0,1	1,1	17,4

#### Anexo IV.4– Continuação

Trat	Prof	pH			C <sub>org</sub>	N	C/N	Bases extraíveis				SB	Al <sup>3+</sup>	CTCE	Extraíveis		
		H <sub>2</sub> O	KCl	CaCl <sub>2</sub>				Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>				P <sub>ER</sub>	P <sub>OL</sub>	K <sub>ER</sub>
	cm				---g kg <sup>-1</sup> ---			-----cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> -----							-----µg g <sup>-1</sup> -----		
<b>DLFE</b>	0 - 10	6,0	5,0	5,0	13,4	0,8	17,5	1,05	0,91	0,02	0,07	2,05	0,0	2,0	11,6	11,7	47,0
	10 - 20	4,6	4,1	4,1	11,6	0,6	18,3	0,23	0,14	0,02	0,04	0,42	0,6	1,0	3,5	3,9	25,9
	20 - 30	4,6	4,2	4,1	9,6	0,6	17,3	0,13	0,07	0,03	0,03	0,26	0,5	0,8	2,0	2,2	21,0
	30 - 40	4,5	4,1	4,1	8,6	0,5	18,6	0,11	0,05	0,01	0,03	0,20	0,5	0,7	0,8	1,9	22,8
	40 - 50	4,5	4,2	4,2	7,4	1,0	7,1	0,09	0,05	0,01	0,03	0,17	0,4	0,6	0,4	1,4	20,0
<b>DLFE</b>	0 - 10	6,1	5,1	5,3	16,4	0,9	18,6	1,79	1,34	0,02	0,10	3,25	0,0	3,3	10,2	12,4	53,4
	10 - 20	5,1	4,2	4,2	15,2	0,7	20,5	0,38	0,22	0,01	0,06	0,67	0,5	1,1	4,9	5,6	35,7
	20 - 30	4,9	4,2	4,2	11,6	0,7	17,7	0,24	0,13	0,01	0,06	0,44	0,5	0,9	2,1	3,3	34,7
	30 - 40	5,0	4,2	4,2	9,6	0,5	20,2	0,19	0,10	0,02	0,05	0,36	0,4	0,8	0,5	2,0	28,0
	40 - 50	4,9	4,3	4,3	7,1	1,1	6,7	0,19	0,07	0,02	0,03	0,31	0,3	0,6	0,4	1,3	23,0
<b>DLFE</b>	0 - 10	6,5	5,7	5,8	18,4	0,9	21,0	2,38	1,79	0,03	0,14	4,34	0,0	4,3	17,6	19,5	55,2
	10 - 20	5,2	4,3	4,4	13,6	0,7	20,3	0,68	0,37	0,02	0,09	1,16	0,3	1,4	6,7	9,7	41,3
	20 - 30	5,0	4,3	4,3	11,0	0,5	22,6	0,34	0,20	0,02	0,07	0,62	0,3	0,9	4,3	4,5	39,3
	30 - 40	4,6	4,2	4,2	7,8	0,5	16,5	0,26	0,13	0,02	0,03	0,44	0,4	0,8	1,4	1,8	32,6
	40 - 50	4,8	4,4	4,3	6,1	1,0	5,9	0,17	0,07	0,03	0,05	0,32	0,3	0,6	0,2	1,5	26,4
<b>DLFE</b>	0 - 10	6,1	5,0	5,2	14,5	1,0	15,1	1,47	1,17	0,02	0,09	2,75	0,0	2,7	15,4	10,5	52,4
	10 - 20	4,9	4,2	4,2	14,1	0,8	17,7	0,54	0,21	0,03	0,10	0,88	0,4	1,3	5,7	7,3	49,7
	20 - 30	5,0	4,2	4,2	11,7	0,6	19,0	0,25	0,10	0,02	0,06	0,43	0,4	0,9	2,9	4,2	39,5
	30 - 40	5,0	4,2	4,2	9,4	0,6	16,6	0,17	0,08	0,01	0,04	0,30	0,4	0,7	1,3	2,5	28,8
	40 - 50	4,8	4,2	4,2	7,7	1,0	7,8	0,16	0,06	0,02	0,03	0,28	0,4	0,6	0,0	1,6	24,2

#### Anexo IV.4 – Continuação

Trat	Prof cm	pH			C <sub>org</sub>	N	C/N	Bases extraíveis				SB	Al <sup>3+</sup>	CTCE	Extraíveis		
		H <sub>2</sub> O	KCl	CaCl <sub>2</sub>				Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>				P <sub>ER</sub>	P <sub>OL</sub>	K <sub>ER</sub>
		---						-----cmolc kg <sup>-1</sup> -----							-----μg g <sup>-1</sup> -----		
DLRS	0 - 10	6,4	5,4	5,7	14,7	0,9	16,4	1,63	1,45	0,01	0,06	3,15	0,0	3,2	4,0	4,7	37,4
	10 - 20	5,3	4,2	4,4	15,0	0,7	20,8	0,45	0,34	0,01	0,05	0,86	0,3	1,1	4,4	5,7	25,6
	20 - 30	4,9	4,0	4,2	11,8	0,7	16,9	0,21	0,14	0,02	0,04	0,41	0,4	0,8	1,9	3,4	22,7
	30 - 40	4,7	3,6	4,2	10,4	0,5	20,2	0,16	0,10	0,01	0,03	0,30	0,4	0,7	0,0	1,9	20,3
	40 - 50	4,7	4,0	4,2	8,0	0,9	8,8	0,12	0,06	0,01	0,03	0,22	0,3	0,6	0,0	5,6	15,1
DLRS	0 - 10	6,3	5,3	5,6	15,5	0,9	18,1	1,53	1,35	0,03	0,08	2,99	0,0	3,0	3,2	4,4	37,7
	10 - 20	5,1	4,1	4,4	9,7	0,7	14,6	0,63	0,60	0,02	0,06	1,30	0,2	1,5	3,1	2,1	28,5
	20 - 30	4,8	4,0	4,2	9,9	0,6	17,5	0,36	0,31	0,01	0,05	0,72	0,3	1,0	1,0	0,8	27,2
	30 - 40	4,7	4,0	4,2	8,4	0,5	16,0	0,28	0,22	0,01	0,05	0,57	0,3	0,9	0,9	1,3	17,7
	40 - 50	4,8	4,0	4,2	6,8	0,8	8,1	0,16	0,11	0,01	0,02	0,31	0,3	0,6	0,3	4,4	12,8
DLRS	0 - 10	6,2	5,3	5,6	13,1	0,7	17,8	1,65	1,34	0,02	0,10	3,11	0,0	3,1	3,4	3,8	35,0
	10 - 20	5,3	4,4	4,7	10,9	0,6	18,8	0,66	0,56	0,01	0,08	1,30	0,1	1,4	0,8	1,5	29,6
	20 - 30	4,9	4,1	4,4	8,6	0,6	14,7	0,30	0,22	0,01	0,07	0,60	0,2	0,8	0,3	1,9	24,7
	30 - 40	4,9	4,1	4,3	7,6	0,4	19,1	0,20	0,13	0,03	0,07	0,43	0,2	0,7	0,1	0,8	23,5
	40 - 50	4,8	4,1	4,3	5,6	1,0	5,5	0,14	0,08	0,01	0,04	0,28	0,2	0,5	0,0	7,9	16,6
DLRS	0 - 10	6,3	5,1	5,4	19,2	1,0	19,8	1,60	1,36	0,03	0,16	3,15	0,0	3,2	7,2	8,3	43,0
	10 - 20	5,3	4,1	4,5	15,4	1,0	16,2	0,55	0,52	0,02	0,09	1,18	0,2	1,3	6,6	4,9	35,1
	20 - 30	5,0	4,2	4,2	12,4	0,7	16,9	0,18	0,20	0,02	0,06	0,46	0,3	0,8	2,7	3,1	34,7
	30 - 40	4,9	4,2	4,2	10,5	0,6	18,8	0,10	0,04	0,01	0,04	0,19	0,3	0,5	1,4	1,9	29,0
	40 - 50	4,9	4,2	4,2	9,0	1,0	9,0	0,10	0,03	0,01	0,04	0,18	0,4	0,5	0,0	1,2	24,5

#### Anexo IV.4 – Continuação

Trat	Prof	pH			C <sub>org</sub>	N	C/N	Bases extraíveis				SB	Al <sup>3+</sup>	CTCE	Extraíveis		
		H <sub>2</sub> O	KCl	CaCl <sub>2</sub>				Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>				P <sub>ER</sub>	P <sub>OL</sub>	K <sub>ER</sub>
	cm				---g kg <sup>-1</sup> ---			-----cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> -----							-----µg g <sup>-1</sup> -----		
SJ	0 - 10	5,1	4,1	4,2	15,4	0,9	17,6	0,44	0,25	0,03	0,16	0,87	0,3	1,2	11,4	7,4	67,8
	10 - 20	4,9	4,1	4,1	13,3	0,7	18,7	0,27	0,10	0,03	0,10	0,50	0,5	1,0	5,3	4,5	40,3
	20 - 30	4,8	4,1	4,1	9,1	0,6	16,0	0,17	0,07	0,05	0,09	0,39	0,4	0,8	2,8	2,5	28,2
	30 - 40	4,8	4,2	4,2	8,9	0,6	16,0	0,11	0,05	0,02	0,05	0,24	0,4	0,6	0,2	2,1	22,0
	40 - 50	4,5	4,2	4,2	7,6	0,9	8,0	0,10	0,04	0,02	0,03	0,18	0,4	0,5	0,0	9,6	17,9
SJ	0 - 10	5,0	4,2	4,3	14,7	0,8	18,9	0,41	0,22	0,02	0,13	0,79	0,3	1,1	15,3	18,7	61,6
	10 - 20	5,0	4,1	4,2	13,4	0,7	19,8	0,21	0,08	0,02	0,09	0,40	0,4	0,8	7,4	11,9	46,7
	20 - 30	5,0	4,1	4,1	10,8	0,6	19,3	0,13	0,05	0,03	0,06	0,27	0,4	0,7	4,0	10,0	33,5
	30 - 40	5,0	4,2	4,2	10,0	0,5	19,0	0,10	0,04	0,03	0,04	0,22	0,4	0,6	2,1	5,8	22,7
	40 - 50	4,7	4,2	4,2	8,9	1,0	9,2	0,10	0,04	0,03	0,03	0,21	0,4	0,6	3,2	3,6	15,8
SJ	0 - 10	4,7	4,1	4,2	13,3	0,9	15,2	0,44	0,25	0,03	0,16	0,87	0,3	1,2	5,8	18,8	46,8
	10 - 20	4,4	4,1	4,1	14,5	0,7	20,9	0,27	0,10	0,03	0,10	0,50	0,4	0,9	1,5	10,5	47,2
	20 - 30	4,5	4,2	4,1	11,4	0,5	21,3	0,17	0,07	0,05	0,09	0,39	0,7	1,1	1,4	6,9	33,9
	30 - 40	4,4	4,2	4,2	7,8	0,5	16,9	0,11	0,05	0,02	0,05	0,24	0,7	0,9	0,0	3,4	23,3
	40 - 50	4,5	4,2	4,2	6,7	0,8	8,2	0,10	0,04	0,02	0,03	0,18	0,5	0,7	0,0	2,0	16,6
SJ	0 - 10	4,7	4,1	4,2	11,9	0,7	16,1	0,33	0,20	0,02	0,11	0,66	0,5	1,1	17,1	8,8	59,0
	10 - 20	4,6	4,1	4,1	10,6	0,6	17,9	0,17	0,09	0,03	0,09	0,38	0,4	0,8	7,6	4,7	39,0
	20 - 30	4,5	4,1	4,1	8,4	0,5	16,7	0,12	0,06	0,02	0,06	0,26	0,7	0,9	6,7	2,4	31,1
	30 - 40	4,6	4,2	4,1	7,6	0,5	16,3	0,10	0,05	0,03	0,04	0,22	0,6	0,8	3,5	1,9	18,7
	40 - 50	4,6	4,2	4,1	6,2	1,0	6,0	0,08	0,04	0,02	0,03	0,17	0,5	0,7	1,8	1,0	19,3

#### Anexo IV.4 – Continuação

Trat	Prof	pH			C <sub>org</sub>	N	C/N	Bases extraíveis				SB	Al <sup>3+</sup>	CTCE	Extraíveis		
		H <sub>2</sub> O	KCl	CaCl <sub>2</sub>				Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>				P <sub>ER</sub>	P <sub>OL</sub>	K <sub>ER</sub>
	cm				---g kg <sup>-1</sup> ---			-----cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> -----				-----µg g <sup>-1</sup> -----					
DLRSFE	0 - 10	6,4	5,5	5,8	15,9	0,9	17,9	2,12	1,69	0,06	0,11	3,98	0,0	4,0	19,1	12,4	44,6
	10 - 20	5,2	4,3	4,4	13,6	0,6	21,4	0,55	0,46	0,03	0,07	1,10	0,6	1,7	10,7	6,9	39,7
	20 - 30	4,7	4,2	4,1	10,0	0,6	15,5	0,21	0,16	0,02	0,05	0,44	0,8	1,3	5,4	3,7	23,4
	30 - 40	4,7	4,2	4,2	9,4	0,6	17,0	0,17	0,12	0,02	0,05	0,36	0,8	1,1	1,7	2,6	22,6
	40 - 50	4,6	4,3	4,2	8,0	1,0	7,8	0,17	0,10	0,03	0,04	0,34	0,7	1,1	0,0	1,7	18,2
DLRSFE	0 - 10	6,0	5,0	5,3	15,9	1,0	16,4	1,43	1,21	0,03	0,09	2,76	0,0	2,8	8,9	8,4	40,6
	10 - 20	5,1	4,2	4,2	14,7	0,8	18,3	0,39	0,25	0,03	0,06	0,73	0,6	1,4	4,5	6,8	34,4
	20 - 30	4,9	4,1	4,1	12,2	0,7	18,4	0,20	0,12	0,04	0,05	0,42	0,4	0,8	1,6	3,9	25,4
	30 - 40	4,8	4,2	4,2	9,7	0,5	20,4	0,17	0,10	0,03	0,04	0,33	0,7	1,1	0,0	1,7	22,9
	40 - 50	4,5	4,2	4,2	6,8	0,8	8,5	0,12	0,07	0,02	0,03	0,24	0,6	0,9	0,0	8,1	19,2
DLRSFE	0 - 10	6,3	5,4	5,7	18,8	0,9	21,6	1,72	1,47	0,02	0,09	3,30	0,0	3,3	6,7	6,3	25,4
	10 - 20	5,0	5,3	4,4	14,8	0,7	20,3	0,53	0,42	0,06	0,07	1,08	0,4	1,5	3,9	3,5	18,7
	20 - 30	4,9	4,1	4,1	13,9	0,7	19,9	0,20	0,12	0,04	0,05	0,42	0,6	1,0	1,6	3,9	17,6
	30 - 40	4,7	4,0	4,2	12,2	0,6	20,3	0,16	0,10	0,03	0,04	0,33	0,6	1,0	1,1	1,4	6,2
	40 - 50	4,6	4,1	4,2	10,8	0,5	21,7	0,13	0,08	0,04	0,03	0,28	0,6	0,8	0,0	1,2	4,5
DLRSFE	0 - 10	6,6	5,6	5,9	17,8	1,1	16,6	2,57	1,96	0,04	0,14	4,72	0,0	4,7	19,5	10,9	28,5
	10 - 20	5,2	4,3	4,4	14,5	0,9	16,4	0,63	0,54	0,13	0,19	1,48	0,4	1,9	6,8	7,2	14,1
	20 - 30	4,8	4,2	4,2	14,0	0,8	17,5	0,34	0,25	0,03	0,06	0,69	0,5	1,2	2,7	4,0	13,4
	30 - 40	4,7	4,2	4,2	11,3	0,7	16,2	0,24	0,16	0,02	0,06	0,47	0,6	1,0	1,4	2,5	12,7
	40 - 50	4,7	4,2	4,2	8,9	0,5	17,9	0,18	0,11	0,06	0,08	0,42	0,5	1,0	0,5	6,6	10,5

